per noi tecnici della radio

MONOGRAFIE DI RADIOTECNICA

7

G. COPPA

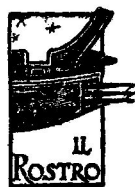
LA DISTORSIONE NEI RADIORICEVITORI

EDITRICE
IL ROSTRO
MILANO
1947

MONOGRAFIE DI RADIOTECNICA

G. COPPA

LA DISTORSIONE
NEI RADIORICEVITORI

EDITRICE
IL ROSTRO
MILANO
1947

LA DISTORSIONE NEI RADIO RICEVITORI

PREMESSA

Scopo del presente modesto lavoro è di fornire un quadro generale delle cause di distorsione in radioricevitori od amplificatori.

Data l'ampiezza dell'argomento, ci si limita in esso ad un indirizzo eminentemente pratico ma certamente utile ad orientare il progettista o l'autocostruttore.

Il soggetto è di indubbia attualità in quanto si tende oggi ad una produzione di sempre più elevata qualità ed in particolare, di qualità acustica superiore.

Le impressioni sonore che l'orecchio trae dall'ascolto di un suono possono destare in noi sensazioni più o meno gradevoli. L'acustica dimostra che l'armonia dei suoni e quindi la loro gradevolezza dipende da rapporti matematici ben definiti fra le frequenze dei suoni percepiti.

Un complesso elettroacustico, radioricevitore o amplificatore ad es., sono tanto migliori quanto più fedelmente sono in grado di riprodurre i suoni amplificati conservando inalterati i rapporti anzidetti.

Quando i rapporti indicati vengono alterati, il suono riprodotto differisce qualitativamente dall'originale e l'orecchio umano ne percepisce una sensazione sgradevole. Questo fenomeno viene definito col termine generico di *distorsione.*

Sebbene gli effetti ultimi della distorsione siano gli stessi, possiamo suddividerla per meglio studiarla in relazione alle cause, in *distorsione elettrica,* per quanto riguarda l'alterazione che può compiersi negli organi elettrici ed in *distorsione acustica* per quanto riguarda gli intermediari meccanici che contribuiscono a generare l'onda sonora (altoparlante, diffusore, mobile, ambiente).

Inizieremo il nostro studio dalla distorsione di natura elettrica esaminandone i principali rimedi.

CAUSE DELLA DISTORSIONE ELETTRICA

La distorsione elettrica nasce generalmente da due cause principali, ossia da una *alterazione dei rapporti d'ampiezza* (cioè dell'intensità) *dei suoni alle varie frequenze,* per cui vengono esaltati suoni di una data frequenza o banda

di frequenze di fronte ad altri di frequenze diverse, oppure dalla *formazione di correnti di frequenze estranee* a quelle del suono originale.

Tali correnti estranee possono non essere in alcuna relazione con le frequenze del suono originale, ma assai più comunemente esse hanno frequenze multiple di queste e prendono perciò il nome generico di *armoniche*.

Si dice infatti che una frequenza è « armonica » di un'altra quando il numero che la definisce è multiplo intero di quello dell'altra.

A queste due cause principali di distorsione si aggiunge una terza causa ossia l'alterazione dei rapporti di ampiezza dei suoni indipendentemente dalla frequenza, per cui i suoni deboli vengono più amplificati di quelli intensi (compressione sonora) o viceversa (espansione).

DISTORSIONE ELETTRICA « DI FREQUENZA »

La distorsione di frequenza, come dicemmo, è caratterizzata da una maggiore amplificazione delle correnti relative a suoni di una data banda di frequenze di fronte ai suoni di altre frequenze ossia da un effetto selettivo dell'amplificatore a frequenza acustica.

Vi sono in ogni apparecchio organi che per loro natura presentano impedenze diverse alle varie frequenze ed a questi appunto va imputata la causa della distorsione di frequenza.

Così, ad esempio, l'ostacolo che offre un condensatore al passaggio di una corrente alternata sappiamo che è tanto maggiore quanto più bassa è la frequenza, esattamente secondo la formola:

$$X = \frac{1}{2 \pi f C.}$$

in cui con X si intende la reattanza in « Ohm » con f la frequenza in « Hertz », con C la capacità in « farad » ($\pi = 3,1416...$).

Quello offerto invece da una bobina (per esempio l'avvolgimento di un trasformatore) è, all'opposto, minore per le frequenze basse ed è infatti definito da:

$$X = 2 \pi f L \qquad \text{con } L \text{ in Henry.}$$

Infine, la presenza simultanea di entrambi gli organi, mentre in qualche caso può produrre effetti di compensazione, in altri può generare effetti complessi di distorsione di frequenza ossia fenomeni di « risonanza » che possono causare esaltazioni o attenuazioni di correnti di una data banda di frequenze.

La distorsione di frequenza può essere identificata anche da un orecchio esperto, da una insufficienza delle note basse del suono riprodotto, da un eccesso delle acute o viceversa, dall'esaltazione di una nota intermedia (che produce effetto analogo ad un suono che esca da una scatola o da un imbuto) e da altri segni.

Per una verifica rigorosa l'orecchio però non basta e si deve ricorrere ad una apparecchiatura di controllo (fig. 1) costituita da un *generatore di segnali di bassa frequenza* e da un *indicatore di uscita* (generalmente un voltmetro aperiodico per corrente alternata) (1).

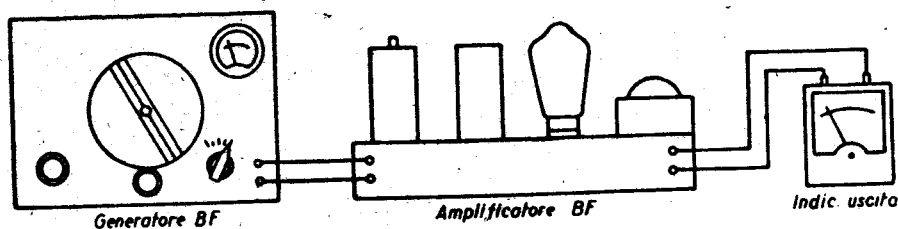



Fig. 1

Applicando all'ingresso dell'amplificatore (per esempio fra griglia e massa della 1ª valvola di BF) un segnale di ampiezza costante, se l'amplificatore non distorcesse « in frequenza », si dovrebbero ottenere indicazioni uguali dell'indicatore di uscita per qualsiasi frequenza della banda acustica.

Questo caso però non si verifica praticamente quasi mai e ciò appunto perchè la distorsione in frequenza è inevitabile se non ricorrendo a mezzi particolari.

Si tratta allora di vedere sino a che punto tale distorsione è tollerabile, da che cosa deriva e quali rimedi si possono adottare.

Per procedere con sicurezza e chiarezza, è opportuno apprendere a tracciare la *curva di risposta* dell'amplificatore e ad interpretarla.

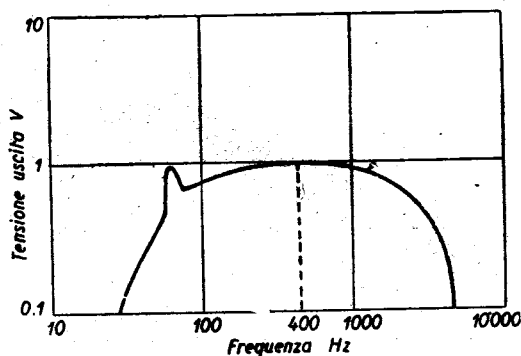



Fig. 2

Per il tracciamento di tali curve ci si vale di fogli di carta a reticolo logaritmico come in fig. 2. In essi si fa corrispondere alla scala verticale il numero dei « volt » letti nell'indicatore di uscita e alla scala orizzontale le frequenze del segnale prodotto dal generatore volta per volta. Si procede poi come segue:

Si porta il generatore alla frequenza di 400 Hertz e si regola l'attenuatore del generatore sino a che si legge la tensione di 1 volt all'indicatore di uscita. Si segna quindi un punto sul diagramma che corrisponda sulla base a 400 Hz ed a 1 volt sulle verticali se l'indicatore di uscita si trova in parallelo alla bobina mobile dell'altoparlante. Se invece questo è in parallelo al primario si può adottare come unità di riferimento la tensione di 50 volt, dividendo tutte

(1) che si connette fra la placca della valvola finale e massa attraverso un condensatore di blocco (by — pass) oppure ai capi della bobina mobile dell'altoparlante.

le letture per 50. Nel contempo si legge l'indicazione del voltmetro del generatore in modo da conoscere la tensione del segnale da esso prodotto. Si sposta poi la frequenza a 300, 200, 100, 75, 50 Hz e si segnano sul diagramma altrettanti punti sulle verticali in corrispondenza alla tensione letta volta per volta all'indicatore di uscita, avendo cura di mantenere costante, per tutte le prove, la tensione del segnale prodotto dal generatore. Analogo procedimento si segue per le frequenze più alte ossia 500, 600, 800, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 ecc.

Unendo infine con una linea tutti i punti così trovati sul diagramma se ne ottiene una curva il cui andamento potrà essere confrontato ad una delle curve tipiche indicate in fig. 3 e di cui spieghiamo il significato.

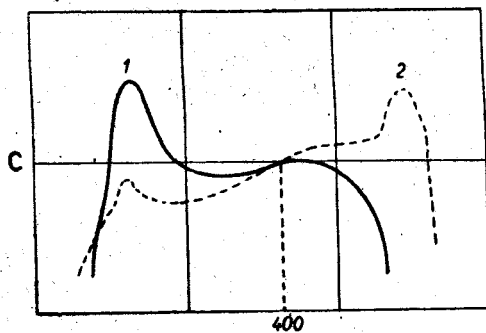
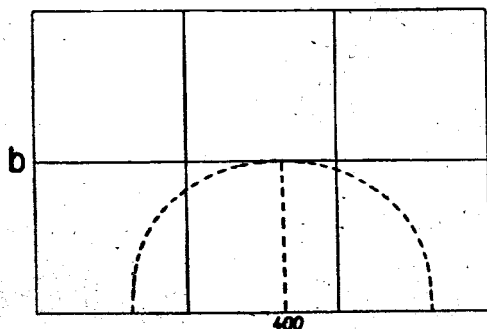
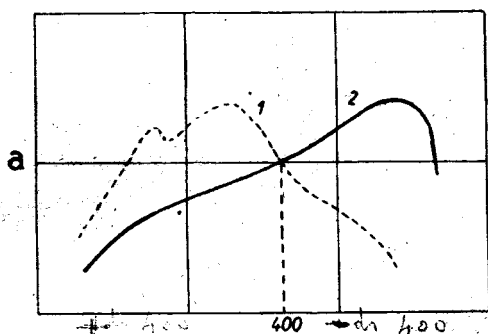



Fig. 3

Interpretazione dei diagrammi di fig. 3

In figura 3 sono date cinque curve tipiche i cui andamenti rispecchiano abbastanza bene cinque casi fra i più comuni di distorsione di frequenza in amplificatori.

La curva 1 *del diagramma* A di fig. 3 rivela una « non linearità » di amplificazione a scapito delle frequenze più basse della banda acustica; vediamo infatti che la curva è nettamente in salita oltre i 400 Hz ed in discesa procedendo dai 400 Hz verso le frequenze minori.

Un amplificatore che abbia una simile « curva di fedeltà » male riproduce i suoni che divengono striduli. Le note basse mancano, la voce appare « secca » non « pastosa »: l'insufficienza dei toni gravi rende meschino l'effetto acustico.

A quali cause può attribuirsi questa insufficienza?

Le cause possono essere occasionali o in errori di progetto.

Una causa assai comune è da ricercarsi nel deterioramento dei condensa-

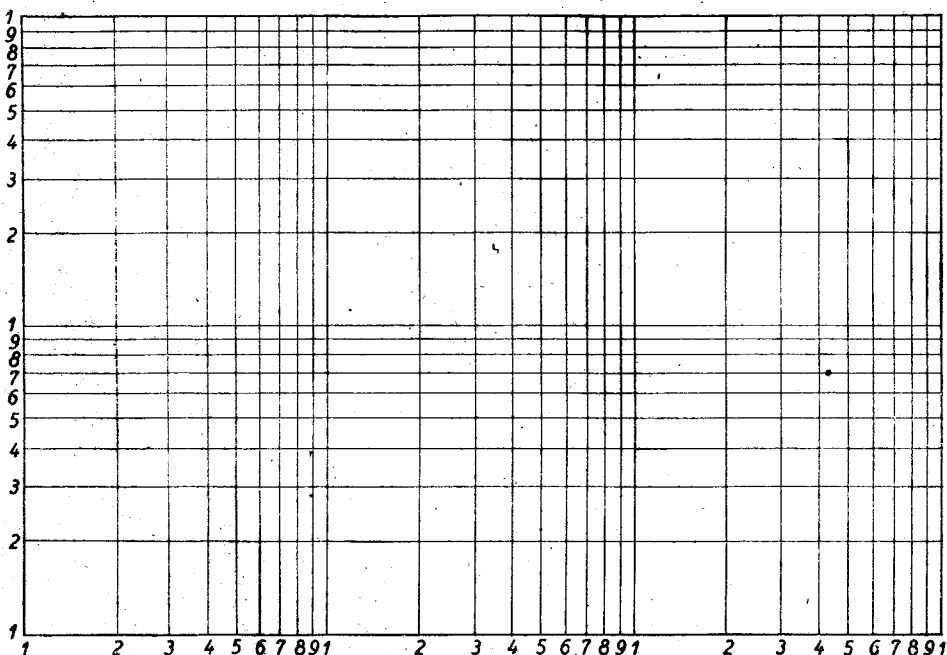
tori elettrolitici che, col tempo, aumentano fortemente di resistenza interna alle componenti alternate e perdono di capacità. L'accertamento è immediato e consiste nel disporre in parallelo a ciascun condensatore elettrolitico (uno alla volta) un condensatore a carta di forte capacità od un elettrolitico nuovo del cui stato si sia ben sicuri. Il rimedio è altrettanto ovvio: sostituire il condensatore elettrolitico avariato.

Ma non solo gli elettrolitici possono essere imputati di tale distorsione, possono esservi dei condensatori di accoppiamento o di fuga interrotti o, per errore di progetto, di capacità insufficiente.

Effetto analogo può essere causato da insufficiente induttanza degli avvolgimenti primari dei trasformatori intervalvolari o di uscita. Più comunemente è imputabile il trasformatore di uscita in quanto per l'amplificazione di BF sono oggi scarsamente usati i trasformatori intervalvolari mentre assai spesso si trovano trasformatori di uscita mal calcolati per un errato criterio di economia.

Anche per questo caso, come vedremo poi, esistono rimedi indiretti, ma la cosa migliore è quella di sostituire il pezzo o rifare gli avvolgimenti a regola d'arte.

La curva N. 2 *del diagramma* A rivela invece il difetto opposto della 1, essa ci dice infatti che le frequenze basse sono assai più amplificate di quelle alte della banda acustica.

L'effetto acustico di questo inconveniente è quello che comunemente si definisce « suono cavernoso » con un netto predominio dei bassi sugli acuti,

ossia delle note gravi sulle acute. I suoni mancano di « rilievo », la parola diviene gutturale, si fa notare spesso la presenza di ronzio a frequenza industriale dovuto ad imperfetto filtraggio della corrente raddrizzata, tutto viene soffocato da un noioso rimbombo.

Le cause più comuni del difetto dipendono spesso dal progetto, quasi sempre sono le capacità eccessive dei condensatori che si trovano fra placca e positivo anodico o fra placca e massa o fra griglia e massa. Anche qui la prova è semplice, basta staccare il condensatore sospetto per notare il cambiamento ed eventualmente sostituirlo con altro di capacità minore. Causa assai comune è anche la capacità « parassita » di cavetti schermati troppo lunghi. Quando non si possa ridurne la lunghezza si dovrà sostituire il cavetto con altro a capacità specifica minore (cavo di discesa d'aereo).

Infine, quando si tratta di radioricevitori, l'inconveniente può essere dovuto anche ad una eccessiva selettività della parte amplificatrice di media frequenza (o di alta) o a fenomeni di reazione di media o di alta frequenza.

Un espediente pratico di compensazione consiste anche nel ridurre le capacità di accoppiamento negli stadi (ossia fra ciascuna placca e la griglia successiva) in modo da « tagliare » i bassi.

La curva del diagramma B accusa invece la tendenza dell'amplificatore ad esaltare le note centrali della banda e la sua insufficienza ad amplificare le frequenze estreme.

L'effetto acustico richiama la forma della curva, si può definire « meschino », il suono appare infatti « imbutito » ossia come se uscisse da un imbuto o da una scatola semichiusa.

Le cause che concorrono ad un simile risultato possono essere molteplici, fra le più comuni sono le imperfezioni da attribuirsi ai trasformatori intervalvolari o d'uscita. Assai frequente il caso di cattivo progetto del trasformatore di uscita che, per economia, ha ferro insufficiente o numero di spire scarso e nel quale in un tentativo di compensazione, sono stati adottati condensatori di capacità maggiore dell'usuale fra le placche e massa o in parallelo al trasformatore stesso.

Anche cause accidentali possono produrre difetto analogo, quali il già citato prosciugamento dei condensatori elettrolitici.

Infine, nei radioricevitori, a tale risultato può contribuire anche la selettività degli stadi di AF o di MF tendente ad attenuare le frequenze più alte di modulazione, come in seguito sarà meglio chiarito.

Le possibilità di un rimedio diretto sono relative. Dopo un attento esame dei valori delle capacità e delle caratteristiche del trasformatore di uscita e di quanto è già stato preso in considerazione per le due curve del diagramma A, non rimane che ricorrere alla « controreazione » o « reazione negativa » di cui diremo più avanti.

La curva 1 del diagramma C testimonia invece la presenza di un nuovo fenomeno, quello della « risonanza » di alcuni elementi del circuito.

L'effetto acustico equivalente della curva 1 è quello di un rimbombo che si verifica ad intervalli, quando cioè si ripete una nota bassa particolare (per esempio di contrabbasso).

Molto spesso, come vedremo poi, la causa è di origine meccanica e risiede nella risonanza meccanica del cono dell'altoparlante. In questo caso si riscontra appunto che il picco della curva corrisponde alla frequenza propria del cono e che questo scompare se in luogo di connettere al secondario del trasformatore di uscita la bobina mobile si connette una resistenza equivalente. Si tratta dunque di un fenomeno elettrico solo in apparenza. Se la risonanza in oggetto coincide con una frequenza doppia di quella della rete di alimentazione essa può causare una notevole intensificazione del ronzio di fondo dovuto all'imperfetto filtraggio della corrente anodica.

Quasi tutte le curve di « *risposta* » rilevate con l'indicatore di uscita sul trasformatore d'uscita lasciando in pari tempo inserito l'altoparlante presentano in misura più o meno accentuata il picco tipico della curva 1 del diagramma C di fig. 3 non si deve perciò pretendere di eliminarlo totalmente, tuttavia esso deve essere mantenuto in proporzioni limitate se non se ne vogliono risentire effetti molesti.

La curva 2 del diagramma C, in modo analogo alla 1 testimonia pure un fenomeno di risonanza, ma questa volta di natura prettamente elettrica.

L'effetto acustico equivalente è quello del predominio di una nota acuta di data frequenza oppure di una sorta di fruscio di fondo (specialmente nella riproduzione dei dischi o della radio leggermente dissintonizzata) che talvolta rassomigliano ad un sibilo. Nella riproduzione della parola si riscontrano appunto esaltazioni di alcune consonanti « sibilanti ».

La risonanza in oggetto è assai spesso da attribuirsi alla contemporanea presenza nel circuito di uscita di un condensatore e di un avvolgimento induttivo, quello cioè del primario del trasformatore di uscita. Questi due organi infatti presentando il primo capacità ed il secondo induttanza ed essendo connessi fra di loro, ammettono una frequenza di risonanza che, dati i valori normalmente in uso, cade verso le frequenze più alte della banda acustica.

Con questa risonanza ci si può destreggiare in modo da renderla pressochè innocua se non, in qualche caso, addirittura opportuna.

È infatti possibile spostare il valore di tale frequenza di risonanza cambiando opportunamente la capacità del condensatore che si trova in parallelo al trasformatore di uscita e renderla più o meno « acuta » inserendo eventualmente qualche resistenza in serie al condensatore stesso (dell'ordine di 5000 Ω).

Questa risonanza viene per esempio sfruttata per accrescere la « risposta » dell'amplificatore per le frequenze più alte, quando cioè l'amplificatore ha una curva difettosa come la 2 del diagramma A.

La risonanza anzidetta si può far capitare in un punto della curva di risposta per cui questa oltre un dato valore di frequenza viene a precipitare all'improvviso.

Una siffatta risposta è spesso molto opportuna perchè esclude le frequenze di fruscio (che non mancano mai, sia nella riproduzione fonografica che in quella radiofonica), pur mantenendo omogenea l'amplificazione di tutte le frequenze normalmente interessanti la banda acustica che si vuole riprodurre.

CURVA DI RISPOSTA PREFERIBILE

La curva di « fedeltà elettrica » o di « risposta » ideale, teoricamente dovrebbe essere praticamente rettilinea da 80-90 periodi ai 5000-6000 e precipitare all'improvviso oltre tali limiti. In tale modo si eviterebbero i rimbombi e le risonanze a frequenza di rete da una parte ed i fruscii ed i sibili dalla parte opposta, ma una tale risposta, oltre a non essere facilmente conseguibile non risulta neppure troppo soddisfacente dal lato pratico perchè numerosi altri elementi intervengono a modificare il risultato acustico definitivo, quali le risonanze del mobile, la sua azione di schermo acustico, la propagazione del suono, le caratteristiche dell'orecchio umano ecc.

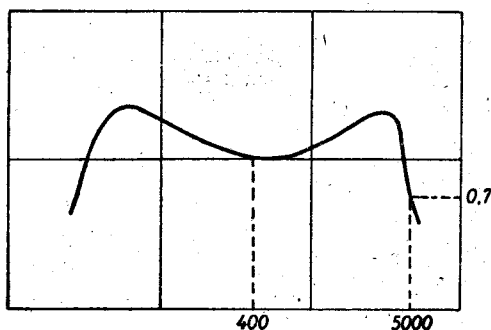



Fig. 4

Per un effetto acustico soddisfacente è invece opportuno che vi sia una appropriata esaltazione dei suoni marginali della banda acustica, ossia dei bassi da 80 a 200 Hz e degli acuti da 2500 à 5000 Hz. Una curva di questo genere è raffigurata in fig. 4, il risultato acustico che se ne ottiene è di un giusto equilibrio dei suoni e di un opportuno risalto dei contrasti e dei timbri. Tale curva ha però soltanto carattere informativo in quanto, come dicemmo, le cause che intervengono a modificare l'effetto definitivo sono molteplici e non tutte prevedibili e valutabili in modo uniforme per tutti i casi.

DISTORSIONE ELETTRICA PER ARMONICHE

La distorsione per armoniche è prodotta dal sorgere di correnti di frequenze estranee a quelle che si vogliono amplificare ma a queste legate da un rapporto numerico semplice.

La causa della formazione di tali frequenze risiede nella deformazione della sinusoide inerente la corrente alternata del segnale che si vuole amplificare ossia della « fondamentale ».

La musica e la voce umana non sono mai costituite da una fondamentale pura ma da un insieme di fondamentali e di armoniche.

Perchè i suoni siano amplificati fedelmente, è necessario che fondamentali e armoniche siano amplificate nello stesso rapporto senza che per altro si aggiungano nuove armoniche a quelle del suono originale nè queste debbano essere attenuate od esaltate rispetto alle fondamentali.

L'attenuazione o l'esaltazione delle armoniche si riscontrano sempre in amplificatori affetti da distorsione di frequenza, ciò è del resto intuitivo quan-

do si ricordi che le armoniche sono frequenze multiple delle rispettive fondamentali e cadono quindi prevalentemente verso una estremità (destra) della curva di risposta, esse vengono quindi attenuate o esaltate a seconda che l'amplificatore attenui od esalti le note acute.

È questo il punto di contatto fra distorsione di frequenza e distorsione per armoniche.

Ma i casi che vogliamo ora esaminare si riferiscono invece al sorgere di armoniche nuove nell'amplificatore appunto perchè è proprio in ciò che risiede la vera e propria distorsione per armoniche.

Le armoniche più importanti da considerarsi nella riproduzione dei suoni sono la *seconda* e la *terza*, sia per la loro ampiezza, notevole rispetto alle altre, sia perchè quasi sempre capitano nella banda acustica sia infine per la particolare molestia che producono in chi ascolta.

Un eccellente rivelatore delle armoniche 2ª e 3ª di un suono è infatti l'orecchio umano che giunge a percepire la presenza di armoniche la cui potenza corrisponde al 5 per cento di quella della fondamentale.

La percezione della voce umana riprodotta, affetta da armoniche, è caratterizzata da *suoni nasali* (per la presenza della 2ª) e da « *vibrazioni* » parassite (per la presenza della 3ª). La voce affetta da armoniche ricorda quella che si ottiene applicando alla bocca un foglio di carta velina.

Le armoniche producono un effetto acustico particolarmente molesto, in tale senso assai più rilevante di quello prodotto dalla distorsione di frequenza.

La musica affetta da armoniche appare confusa, gli strumenti si confondono insieme, il suono è « vetroso ».

Gli strumenti che la tecnica pone a disposizione per la rivelazione, lo studio e la misura delle armoniche di bassa frequenza sono fondamentalmente

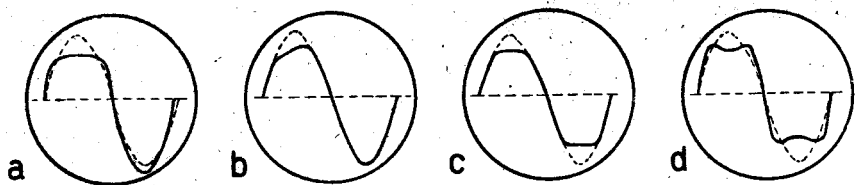



Fig. 5

due: l'oscillografo (o meglio oscilloscopio) e il misuratore di armoniche o distorsiometro.

L'impiego dell'oscillografo è estremamente semplice, basta infatti connettere l'uscita dell'amplificatore ai morsetti di ingresso « delle verticali » dell'oscillografo, regolare l'ampiezza del segnale in modo che la traccia luminosa sia ben contenuta nel campo, regolare la frequenza di scansione e dare un poco di « sincronismo » per ottenere l'immagine ferma.

Lo studio delle armoniche si fa generalmente per una sola frequenza fondamentale alla volta, l'oscillografo rivela allora una sinusoide deformata i cui aspetti tipici sono illustrati dalla fig. 5.

La A di fig. 5 accusa la presenza della 2ª armonica, essa è caratterizzata da una dissimetria dei due semiperiodi, in essa il semiperiodo superiore appare schiacciato rispetto a quello inferiore. Potrebbe però essere viceversa, evidentemente ciò dipende dall'inversione dei fili all'ingresso dell'oscillografo.

La causa di una simile distorsione risiede in una diversa amplificazione dei due semiperiodi, causata generalmente da una inadeguata polarizzazione di qualche valvola per cui l'amplificazione si viene a svolgere su di una parte curva della caratteristica della valvola (A fig. 6). Il difetto può anche dipendere dall'esaurimento di qualche valvola o dal funzionamento in prossimità della saturazione del nucleo di qualche trasformatore di B F, in particolare del trasformatore di uscita che più di ogni altro è sottoposto al passaggio di componenti continue intense.

La B di fig. 5 rivela una distorsione di II[a] armonica causata da un difetto ben preciso ossia dal sorgere di corrente di griglia (B di fig. 6). Anche questo inconveniente dipendente da impropria polarizzazione della valvola per cui i picchi positivi del segnale applicato alla griglia giungono a renderla positiva e a produrre quindi una corrente di raddrizzamento del segnale di B F.

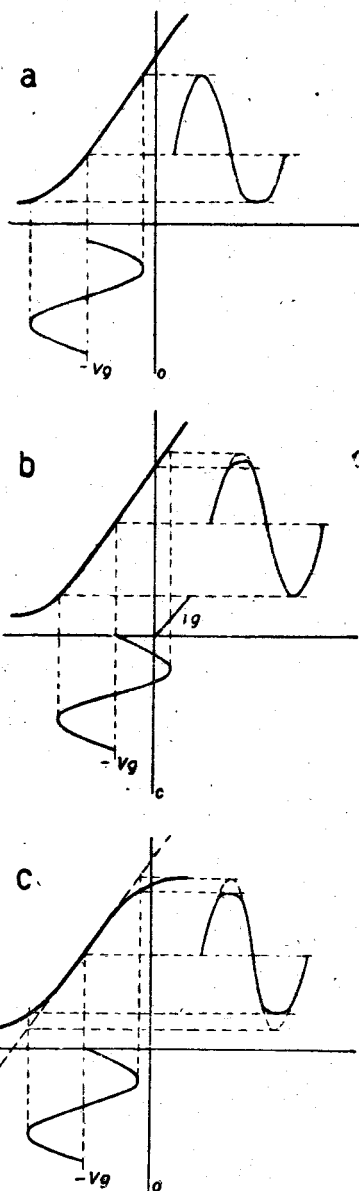
La stessa cosa può succedere ovviamente quando l'ampiezza del segnale è eccessiva, di ciò parleremo più avanti.

La C di fig. 5 rivela invece distorsione per III[a] armonica ed è caratterizzata da una deformazione dei due semiperiodi, si noti: di entrambi. I due semiperiodi tendono ad assumere la forma di due trapezi o di rettangoli.

Fig. 6

La D di fig. 5 non è che un aspetto del caso precedente quando la distorsione è molto spinta, possono apparire infatti degli avvallamenti in corrispondenza alla posizione della normale cuspide della sinusoide.

La causa della III armonica va quasi sempre cercata in fenomeni di so-

vraccarico, reale o fittizio. Così, ad esempio, un nucleo di trasformatore che lavori presso la saturazione con sole correnti alternate produce distorsioni tipiche per III armonica.

Una valvola la cui linea anodica non sia sufficientemente ampia (C di fig. 6) produce anche distorsione per III armonica.

Talvolta però il sovraccarico è solo apparente, ed il caso è piuttosto frequente: si tratta di solito di impedenze di carico non appropriate, generalmente troppo basse di valore per i triodi e troppo elevate per i pentodi.

Infatti, i triodi distorcono maggiormente quanto più la impedenza di carico è bassa ed i pentodi in particolare distorcono per III armonica quanto più questa è elevata.

La ragione di questo comportamento va cercata nella particolare forma delle curve di lavoro dei triodi (A) e dei pentodi (B), fig. 7, le prime infatti si incurvano verso l'alto, le seconde tendono a diventare orizzontali.

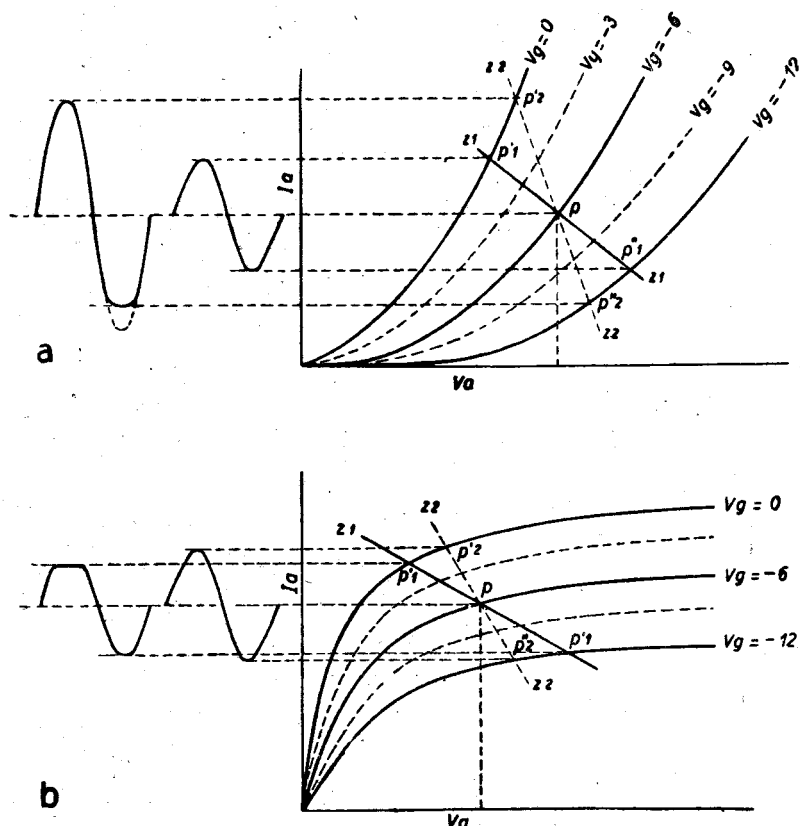



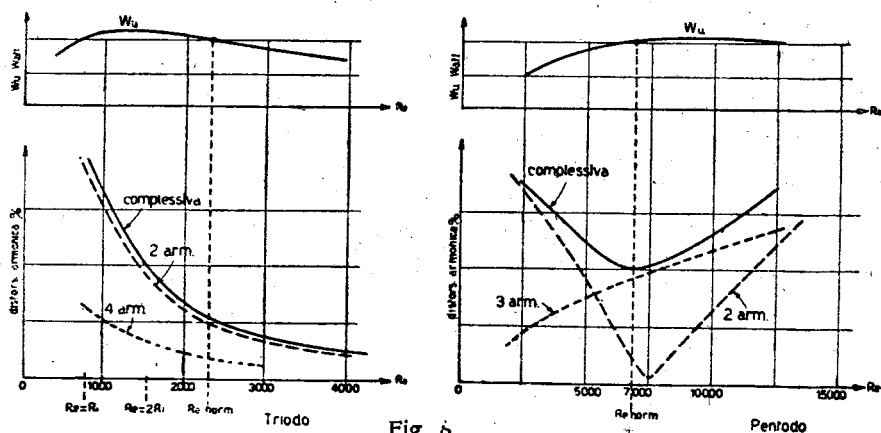
Fig. 7

Basta un semplice sguardo alla figura per rendersi conto come cambiando l'impedenza di carico, passando ad esempio da un valore Z_1 ad uno minore Z_2 (punteggiata) la retta relativa a tale impedenza taglia le linee di lavoro in punti meno simmetrici rispetto a quello centrale di lavoro P per il triodo ed i punti più simmetrici per il pentodo.

Il sorgere della 2ª armonica è appunto dovuto all'asimmetria, come ci rivela l'oscillografo e quello della 3ª armonica è invece dovuto ad una non uniforme amplificazione dei due semiperiodi per cui questi si appiattiscono dove normalmente hanno le cuspidi.

Anche di quest'ultimo fatto ci si rende facilmente conto con i diagrammi di fig. 7 osservando la diversità delle distanze dei punti di intersezione con le curve, specialmente su tratti lunghi della retta di carico corrispondenti a segnali forti.

L'andamento delle armoniche, rispettivamente per triodi e per pentodi è chiaramente illustrata dalle curve di fig. 8 in cui A si riferisce ai triodi e B ai pentodi.

Fig. 6

Come si vede, pei triodi la distorsione per 2ª armonica diminuisce al crescere del valore dell'impedenza di carico (*Re*) e quella per 3ª armonica rimane sempre ad un livello molto basso mentre vi è presenza di 4ª armonica il cui andamento segue quella della 2ª, pei pentodi invece la 3ª armonica cresce col valore dell'impedenza di carico mentre la 2ª per un dato valore di tale impedenza assume un valore minimo che si approssima allo zero per tornare a crescere all'aumentare ulteriore del valore dell'impedenza.

L'amplificazione, con triodi o con pentodi, è comunque sempre affetta da distorsione per armoniche, naturalmente affinchè questa distorsione sia la minima possibile bisogna far lavorare la valvola con tensioni ed impedenze di carico adeguate.

Così procedendo si può far funzionare le valvole in condizioni migliori di « compromesso » che però non corrispondono contemporaneamente all'optimum di tutte le caratteristiche.

Infatti, per avere il minimo di armoniche si dovrebbe rinunciare al massimo di amplificazione o di potenza e viceversa.

L'esame oscilloscopico rivela ovviamente la presenza contemporanea delle due armoniche (2ª e 3ª). La forma del periodo affetto contemporaneamente dalle due armoniche è simile alla A di fig. 5 ma col semiperiodo superiore appiattito in testa (l'immagine può essere anche capovolta). Anche la B di fig. 5 indica un contenuto contemporaneamente di 2ª e 3ª armonica.

MISURAZIONE DELLE ARMONICHE

Il contenuto di armoniche di una data corrente alternata di B F si misura con uno strumento detto *distorsiometro* o *misuratore di armoniche.* Tale strumento consta essenzialmente di un indicatore di ampiezza della corrente in esame (voltmetro aperiodico o voltmetro a valvola) e di due o più circuiti oscillanti accordati sulle rispettive armoniche ai capi dei quali si può inserire lo strumento indicatore per leggere il valore della tensione che vi si forma.

Lo strumento comprende valvole termoioniche per la separazione dei circuiti.

Il contenuto di armoniche si esprime in « per cento » dell'ampiezza del segnale. Tale percentuale varia però notevolmente col valore assoluto del segnale stesso ed appunto per questa ragione la percentuale di distorsione va riferita ad una determinata potenza del segnale.

La curva della distorsione complessiva di fig. 9 riferentesi ad esempio ad uno stadio finale con valvola A L 4 in classe A, mostra come la percentuale di distorsione (che si legge a sinistra) cresca rapidamente al crescere della potenza del segnale di uscita e subisca un ulteriore rapido incremento oltre un certo valore della potenza di uscita.

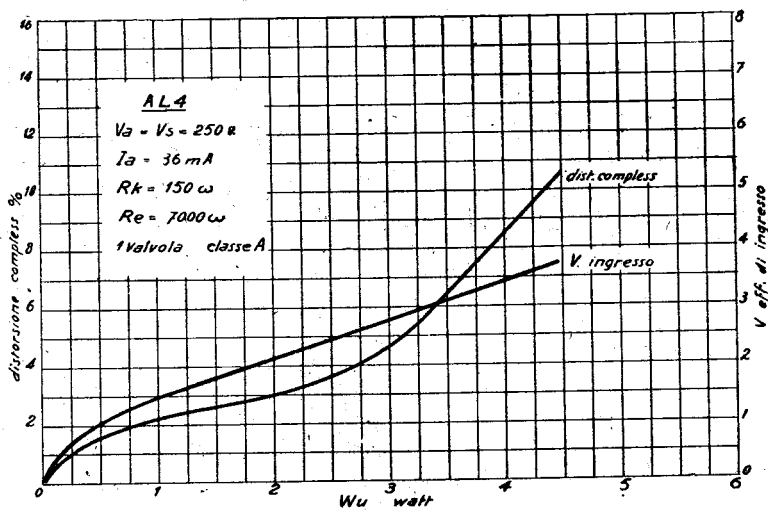



Fig. 9

Le case costruttrici di valvole, particolarmente per le finali, indicano la potenza massima di uscita ricavabili dalla valvola e la percentuale di distorsione complessiva per armoniche che la valvola introduce quando le viene richiesta tale potenza.

Si ricordi a tale riguardo che la valvola non è la sola causa di armoniche ma che vi vanno aggiunte quelle del trasformatore di uscita, dell'altoparlante ecc.

Quando siano noti i valori percentuali rispettivi delle due armoniche, quello della distorsione armonica complessiva si ricava facendo la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori anzidetti:

distors. arm. compless. % = (*distors. III arm.* %)^2 + (*distors. III arm.* %)^2

Con tale formula si può ovviamente ricavare il valore della distorsione per III armonica quando sia nota la complessiva e quella di II armonica o viceversa.

METODI DIRETTI PER CORREGGERE LA DISTORSIONE PER ARMONICHE

In base a quanto sopra indicato è facile rendersi conto dei più semplici mezzi diretti per evitare nel limite del possibile le distorsioni per armoniche, essi si possono così riassumere:

1) Scelta di valori opportuni delle impedenze di carico.

2) Non richiedere troppa potenza alle valvole finali, quindi non applicare alla griglia di queste segnali molto forti, ossia accontentarsi di un parziale sfruttamento delle valvole finali o meglio usare valvole finali create per erogare una potenza superiore a quella richiesta.

3) Usare trasformatori di uscita ben calcolati, sia nei riguardi della più adatta impedenza di carico, sia come circuito magnetico che deve essere fatto funzionare in un tratto della caratteristica lontana dalla saturazione. La presenza di traferro nel nucleo, oltre che per ottenere l'impedenza voluta serve bene anche a questo riguardo.

4) Usare prevalentemente triodi se si vuole ridurre la distorsione per III armonica a proporzioni molto modeste.

5) Usare due valvole in opposizione (push-pull) se si vuole praticamente eliminare la distorsione per II armonica.

Da questo criterio e dal precedente si può facilmente concludere che uno studio amplificatore costituito da due triodi in opposizione è pressochè esente da distorsione. Essendo lo stadio finale più di ogni altro soggetto a distorcere per armoniche, in quanto sottoposto a segnali intensi e ad erogazione di potenza notevole, è intuitivo che i massimi vantaggi si hanno adottando lo stadio finale di triodi in opposizione.

Date le particolari caratteristiche dello stadio di triodi in opposizione non è affatto necessario ricorrere all'uso di controreazione (o reazione negativa) per tale stadio, a meno che questa non serva per la correzione della curva di risposta e non al fine di ridurre le armoniche.

Uno stadio di tale tipo sopporta assai meglio di un comune stadio finale non bilanciato i segnali intensi ed il sovraccarico si presenta assai oltre di quello che lo stadio stesso offrirebbe se le due valvole fossero in parallelo invece che in opposizione.

Anche la distorsione nel trasformatore di uscita è molto ridotta con tale disposizione perchè i due rami del primario essendo percorsi da correnti uguali dirette in sensi opposti ha campo magnetico risultante continuo praticamente nullo. Per questa ragione non si rende necessario per tale trasformatore il traferro. Esso pertanto si può ritenere sottoposto alle sole componenti alternate, ciò consente di farlo lavorare ben lontano dalla saturazione e quindi con un minimo di distorsione.

LA REAZIONE NEGATIVA O CONTROREAZIONE

Abbiamo sin qui parlato di metodi diretti per combattere le varie forme di distorsione, ma esistono anche altri mezzi che diremo indiretti che possono essere usati con molto profitto quando si siano esauriti quelli diretti.

Prima di tutto vogliamo accennare al metodo delle compensazioni che si segue specialmente per la distorsione di frequenza.

Se ad esempio un ricevitore è molto selettivo per cui le frequenze acustiche di modulazione più alte appaiono attenuate, si fa in modo che l'amplificatore di bassa frequenza abbia una curva di risposta favorevole all'esaltazione delle frequenze più alte.

Lo stesso criterio può essere seguito per compensare i difetti della risposta dell'altoparlante o del pich-up.

Il procedimento però che meglio di ogni altro si presta alla correzione delle distorsioni, siano esse di frequenza o di ampiezza, è senza dubbio quello dell'applicazione della *reazione negativa.*

La reazione negativa consiste essenzialmente nel prelevare dal circuito di uscita una parte del segnale di uscita stesso e riportarla nel circuito di ingresso dello stadio finale oppure in quello di ingresso dello stadio precedente, ma in opposizione di fase rispetto al segnale che si trova in tale circuito in modo cioè che si sottragga a questo.

La tensione del segnale che rimane nel predetto circuito di ingresso è data ovviamente dalla differenza fra quella del segnale preesistente e quella introdotta dalla controreazione, essa è quindi in ogni caso minore a quella che si avrebbe nello stesso circuito se non vi fosse la reazione negativa. La reazione negativa porta quindi ad una diminuzione di amplificazione (non della potenza di uscita) per cui per ottenere di nuovo la potenza richiesta allo stadio finale occorre aumentare l'ampiezza del segnale applicato all'ingresso.

Se la parte di segnale riportata nel circuito di ingresso è sempre la stessa alle varie frequenze la curva di risposta dell'amplificatore rimane quello che è e la reazione negativa non la modifica. E' questo il caso dell'applicazione della r. n. per eliminare la distorsione armonica e che più avanti vedremo.

Se invece tale parte di segnale viene fatta pervenire al circuito di ingresso per tramite di organi o di circuiti che presentino impedenze diverse al variare della frequenza (come condensatori, induttanze, filtri, circuiti oscillanti) essa non rimane ovviamente la stessa a tutte le frequenze e quindi l'amplificatore sarà meno frenato per quelle frequenze per le quali il riporto di segnale al circuito di ingresso è minore. In altri termini, per quelle frequenze per le quali la reazione negativa è meno efficace, l'amplificazione è maggiore.

E' chiaro dunque che se si rende energica l'azione della reazione negativa per le frequenze centrali della banda acustica si ottiene una attenuazione dell'amplificazione a tale frequenze ossia una esaltazione, rispetto a queste, delle frequenze marginali della banda.

Allo stesso modo si ottiene una riduzione delle note basse o delle note acute o di una risonanza.

Esaminiamo i quattro esempi di applicazione della reazione negativa illustrati in fig. 10 riferentisi tutti allo stadio finale.

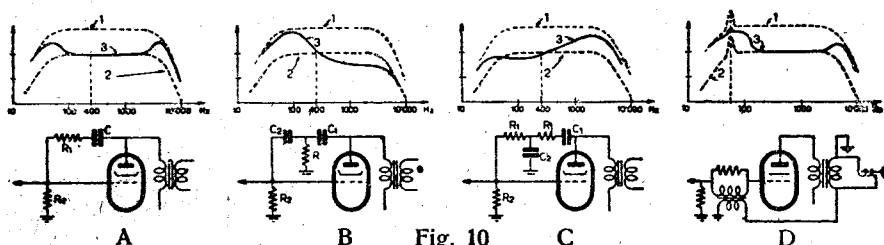



Fig. 10

Nel circuito B, vediamo che dalla placca della valvola una parte della tensione di uscita viene trasferita attraverso ai condensatori C_1 e C_2 alla griglia della medesima. E' noto che la fase della tensione del segnale in griglia è in opposizione con quella di placca (ossia a 180°), dunque detta tensione viene trasferita in opposizione di fase conseguendo effetto di frenamento ossia di controreazione o reazione negativa.

Il circuito costituito da C_1, R e C_2 è in sostanza un filtro, attraverso a C_1, come sappiamo avviene per tutte le capacità, passano prevalentemente le correnti di frequenza più elevata.

Ai capi della resistenza R si ottiene dunque una tensione di B F che cresce con la frequenza. Ma questo effetto viene ulteriormente intensificato attraverso il passaggio di detta tensione per il secondo condensatore C_2. Alla griglia giunge dunque, proveniente dalla placca una tensione di controreazione tanto più forte quanto più è alta la frequenza. Ciò significa dunque che quando la corrente da amplificare è di frequenza molto bassa essa non trova praticamente alcuna controreazione sulla griglia perchè C_1 e C_2 si comportano come due interruzioni, detta corrente viene dunque amplificata in pieno (come se la curva di risposta dovesse essere la 1). Se la frequenza cresce, anche C_1 e C_2 cominciano ad ammettere il passaggio di corrente di controreazione e quindi l'amplificazione viene frenata. La curva di risposta dello stadio viene dunque a modificarsi e ad assumere l'andamento della curva 3. Il confronto fra la curva 3 e la curva 2 che non è altro che la 1 riportata allo stesso livello della 3 a 400 periodi, permette di rendersi conto della trasformazione avvenuta nello stadio per opera della controreazione. L'effetto della applicazione è stato in questo caso di dare molto risalto alle note basse della banda acustica.

Naturalmente i valori di C_1, R e C_2 non si stabiliscono a caso, essi van-

no ben studiati e calcolati. Il circuito costituito da tali organi deve presentare, da solo, una curva di risposta che sia simmetrica, come valori, alla 3 prendendo come asse di simmetria la 2. L'ordine di grandezza dei valori dei componenti può essere di 500 p F per C_1; 0,2 $M\Omega$ per R, 1000 p F per C_2 e 0,5 $M\Omega$ per R_2.

L'effetto della controreazione ed il giusto valore dei componenti va studiato con cura specialmente attraverso l'esperimentazione ed il rilevamento delle curve di risposta.

Il circuito C della stessa fig. 10 consente di modificare la curva di risposta in senso opposto a quello del caso precedente.

In esso a C_1 spetta solo la funzione di condensatore di blocco (by-pass) ossia serve solo per bloccare la componente continua e lasciare il passo all'alternata. Il suo valore è quindi forte, basta in pratica tenersi da 0,01 a 0,1 microfarad.

Il condensatore C_2 ha invece lo scopo di cortocircuitare le frequenze più alte della corrente di controreazione. Alla griglia della valvola giungono solo le frequenze più basse di controreazione, quindi lo stadio è molto frenato alle frequenze basse e favorisce le frequenze alte. La curva 3 del relativo diagramma è la curva di risposta di un tale stadio.

Il circuito D di fig. 10 utilizza invece, per trasferire la tensione di controreazione, un trasformatorino il cui secondario trovasi disposto in serie al circuito di griglia ed il cui primario è connesso in parallelo alla bobina mobile dell'altoparlante. Con tale disposizione si viene a correggere anche la curva di risposta del trasformatore di uscita. È noto infatti che questo trasformatore funziona peggio per le frequenze più alte e più basse della banda acustica, è chiaro dunque che la tensione con cui viene alimentato il primario del trasformatorino di reazione negativa è maggiore per le frequenze intermedie. Ciò significa cioè che l'applicazione della r. n. allo stadio avrà l'effetto di frenare le frequenze intermedie ossia di esaltare le estreme rispetto a queste.

L'effetto viene ulteriormente accresciuto dalla curva di risposta propria del trasformatorino di r. n.

È anche interessante notare nel circuito D che la risonanza meccanica del cono dell'altoparlante, che introduce, come vedemmo un picco nella curva di risposta fa sì che per quella frequenza sia più alta anche la tensione di r. n. e che l'amplificatore riduca la sua sensiblità per tale frequenza, si consegue così un effetto di compensazione del difetto dell'altoparlante (v. curva 3).

Il circuito A di fig. 10 è indubbiamente il più semplice, in esso il circuito di r. n. si limiterebbe alla sola resistenza R_1 se non fosse necessario bloccare la componente continua. Per quest'ultima funzione serve in condens. C. di blocco, che può essere di 0,01 ∨ 0,02 p F. L'effetto dell'applicazione non è però altrettanto semplice. Infatti, come si rileva dalla curva 3 la r. n. giunge ad intensificare le frequenze estreme della banda ossia a prolungare la curva di risposta.

Questo effetto è dovuto al fatto che quando l'amplificazione dello stadio tende a cadere (margini della curva 2) la tensione di r. n. tende essa pure a cadere e quindi la amplificazione dello stadio viene corrispondentemente accresciuta (curva 3).

Il circuito di fig. 11 rappresenta un caso di applicazione della reazione negativa contemporaneamente ai due stadi di amplificazione di b. f. di un amplificatore. Il fatto di introdurre l'energia di controreazione nel circuito di catodo della prima valvola alla quale segue una ulteriore amplificazione, rende necessario l'impiego di piccole tensioni per tale bisogna, la corrente di controreazione necessaria a tale scopo può venire dunque prelevata direttamente dal secondario del trasformatore di uscita senza l'intermediario di un trasformatore di reazione.

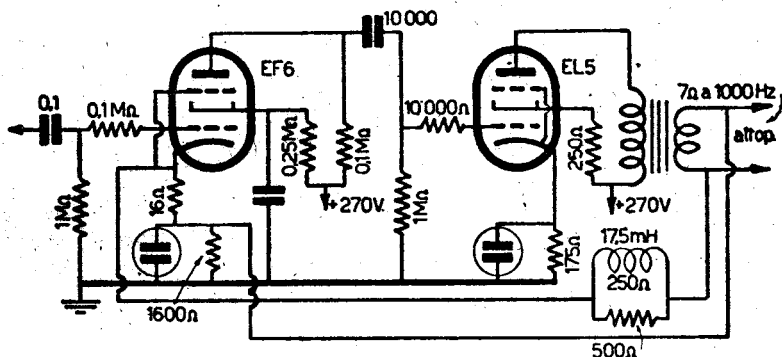



Fig. 11

Questo circuito in effetti si comporta in modo analogo a quello indicato in D di fig. 10, esso tende però a compensare le distorsioni di entrambi gli stadi. Il circuito di controreazione è costituito dal secondario del trasformatore di uscita dall'impedenza di 17,5 mH e 250 Ω cui trovasi in parallelo una resistenza di 500 Ω e dalla resistenza di 16 Ω che si trova in comune al circuito di catodo della valvola preamplificatrice ed ai capi della quale si viene a formare la tensione di r. n.

REAZ. NEGATIVA DI TENS. E DI CORRENTE; COEFF. DI R. N.

La reazione negativa è detta di *tensione* quando la sua azione si svolge prevalentemente su di una tensione, quindi col trasferimento di intensità minime, oppure è detta di *corrente* nei casi in cui le tensioni in gioco siano molto basse e le intensità relativamente forti, come nel caso di fig. 11 in cui l'azione reattiva si compie sulla corrente di catodo di una valvola.

L'amplificazione di uno stadio è data per definizione dal rapporto fra la tensione di uscita Vu e quella di entrata Vi, quando venga applicata la r. n., l'amplificazione diviene invece:

$$A' = \frac{Vu}{Vi + Vu}$$

in cui con Vr si intende la tensione di r. n. che viene trasferita nel circuito di ingresso per ottenere l'effetto voluto.

Il rapporto: $b = \frac{Vu}{Vr}$ è detto *coefficiente di r. n.* Ovviamente, tanto maggiore è b e più energica è l'azione della r. n.

LA R. N. PER CORREGGERE LA DISTORSIONE ARMONICA

Abbiamo esaminato per sommi tratti l'utilizzazione della r. n. per correggere le curve di risposta portando alcuni esempi, è intuitivo che a risultati analoghi con l'utilizzazione dello stesso principio si possa giungere con circuiti differenti e con varie combinazioni dei valori di resistenze e di capacità o d'altri componenti. Una trattazione dettagliata e completa esorbiterebbe però dal modesto compito che la presente opera si propone.

Vogliamo ora esaminare l'azione che la reazione negativa può compiere per la correzione della « forma d'onda » del segnale ossia della distorsione armonica. Per dare un'idea immediata dell'azione in tale senso della r. n. possiamo avvalerci di una efficace similitudine paragonandola ad una « vaccinazione ». Si tratta infatti di correggere le deformità del periodo del segnale amplificato innestando nel circuito di ingresso una parte del segnale deformato medesimo, ma naturalmente, invertito di fase ossia deformato in senso opposto in modo da correggere col suo apporto la forma del periodo del segnale che trovasi nel circuito di ingresso stesso.

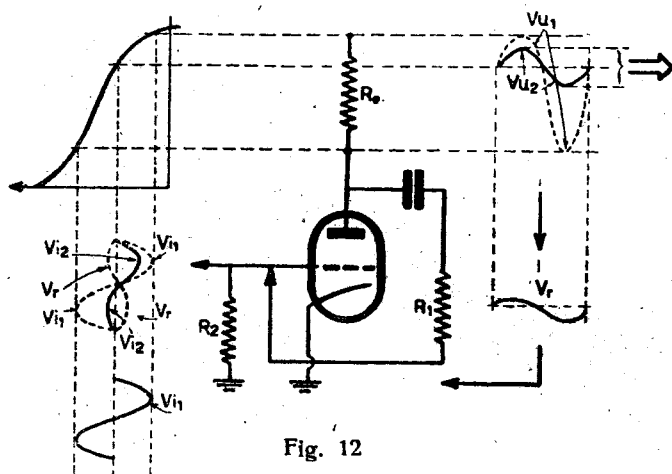



Fig. 12

La fig. 12 dà un'idea immediata del come si compie una simile compensazione. Applicando un segnale nel circuito di griglia, sia pure perfettamente sinusoidale quale il Vi_1, questo viene amplificato dalla valvola la quale introduce la sua parte di distorsione che, nel caso in esame è di 2ª armonica, per cui in uscita si otterrebbe, senza la r. n. un segnale Vu_1 amplificato ma distorto. Veniamo ora alla r. n.: Una piccola parte, Vr del segnale distorto Vu_1 viene prelevato dal circuito di uscita e riportato, tramite R_1 nel circuito di griglia. Qui, dalla sovrapposizione di Vr (punteggiato) e di Vi_1, ripetuto pure in punteggiatura, il primo distorto ed il secondo sinusoidale, nasce un nuovo periodo: Vi_2 (a linea intera), distorto, che costituisce il vero periodo risultante presente nel circuito di ingresso. La distorsione, ossia la deformità di Vi_2 è però tale per cui venendo distorto in senso opposto durante

l'amplificazione della valvola, riacquista la sua forma sinusoidale dando luogo al segnale definitivo di uscita Vu_2 (a linea intera) sinuosoidale come Vi_1, quindi indistorto, ma alquanto minore di ampiezza di Vu_1.

La r. n. ha dunque l'effetto di correggere le deformazioni che si producono nello stadio amplificatore per effetto dell'amplificazione, essa però porta come conseguenza ad una riduzione dell'amplificazione stessa. Per riportare il segnale di uscita al valore di ampiezza o di potenza che ci si ripromette dall'uso di quella data valvola o di quelle date valvole finali, bisogna accresce l'ampiezza del segnale applicato in ingresso.

Gli stadi che fanno uso di reazione negativa richiedono quindi una maggiore preamplificazione di quelli che non ne impiegano e si può giungere a richiedere il doppio o il triplo di preamplificazione per ottenere la stessa uscita.

In tutti i casi di applicazione della r. n. si richiede ovviamente una perfetta sovrapposizione del segnale riportato per r. n e quello presente nel circuito di ingresso. Per ottenere ciò è chiaro che vi deve essere coincidenza di fase fra tali segnali chè, in caso diverso, la sovrapposizione non è che parziale e non raggiunge lo scopo. Anzi, è chiaro che se la fase dei due segnali è fortemente discordante (al di là dei 90°), non vi è più opposizione per cui la r. n. tende a divenire una vera e propria reazione positiva che contribuisce cioè ad aggravare le distorsioni armoniche ed a produrre fenomeni di innesco e di autooscillazioni che si rivelano con fischi violenti o effetti consimili.

Le cause di sfasamento non mancano però mai in pratica, così l'induttanza dispersa dei trasformatori di uscita ne rappresenta una notevole, specialmente per le frequenze più alte della banda acustica. Per contro, capacità di accoppiamento della r. n. insufficienti producono sfasamenti notevoli alle frequenze più basse. Per queste ragioni la r. n., quando non sia applicata attraverso a circuiti appositi per correggere la curva di risposta, agisce più energicamente per le frequenze intermedie della banda acustica. Ciò spiega completamente il comportamento del circuito A di fig. 10 in cui sebbene il trasferimento del segnale di r. n. fosse effettuato attraverso ad un circuito aperiodico quale quello costituito da R_1 e da C_1, si otteneva una sensibile modifica della curva di risposta dello stadio, con esaltazione delle frequenze più basse e delle più alte della banda acustica.

DISTORSIONE DEGLI STADI DI ALTA E MEDIA FREQUENZA

Come già si ebbe occasione di accennare, la distorsione può risiedere anche negli stadi di alta o di media frequenza, quando si tratti di radioricevitori, ed è appunto di questi casi che qui ci occuperemo, sia pure succintamente.

La distorsione di frequenza è spesso causata dalla eccessiva selettività degli stadi di alta o di media frequenza. Per comprendere come ciò avvenga è opportuno richiamarci alla teoria delle bande laterali di modulazione.

E' noto infatti che la trasmissione radiofonica avviene modulando con correnti a frequenze acustiche una corrente di alta frequenza, di frequenza definita che è detta anche « frequenza di supporto ».

La modulazione non lascia però inalterata tale frequenza ma la fa variare continuamente facendole acquistare valori istantanei pari alla somma o alla differenza fra le due frequenze (quella modulata e quella modulatrice).

Così, se la frequenza di supporto è ad es. di 1.000.000 di Hz e quella modulatrice è data da un fischio di 1000 Hz, le frequenze risultanti effettive sono rispettivamente: 999.000 e 1.001.000 Hz.

La parte non modulata della frequenza supporto resta dunque di 1.000.000 Hz e quella modulata si trasmette sulle due frequenze citate, dette « frequenze laterali » di modulazione.

La ricezione può avvenire correttamente solo quando le altre frequenze si possono sovrapporre conservando inalterati i rapporti di ampiezza delle rispettive correnti.

Se in luogo di una sola frequenza modulatrice si ha una banda di frequenze quali quelle della musica o della parola, allora non si può più parlare di due frequenze laterali ma di due « bande laterali ».

Sappiamo però che un ricevitore è sempre dotato di circuiti di selezione, circuiti oscillanti comunemente, che hanno l'ufficio di porre in risalto una determinata frequenza (f. di risonanza) rispetto alle altre e che presentano una certa « curva di risonanza » (fig. 13) che ne caratterizza tale proprietà. Tali circuiti hanno dunque come effetto di favorire l'amplificazione della frequenza centrale di supporto e delle frequenze ad essa più vicine che corrispondono, ovviamente dopo quanto si disse, alle frequenze modulatrici più basse.

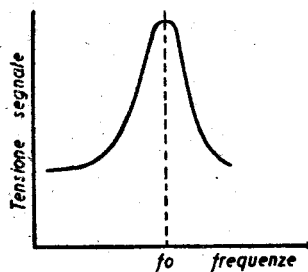
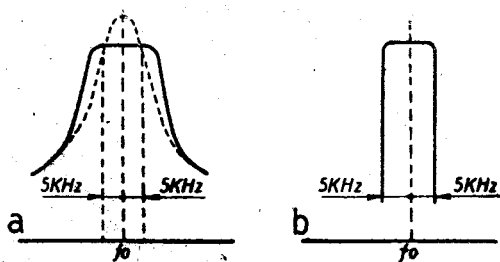



Fig. 13 Fig. 14

La selettività del ricevitore ha dunque per effetto di attenuare le frequenze di modulazione più alte ossia le note acute rispetto alle gravi.

Dato che le frequenze più alte della banda acustica possono essere contenute, per un risultato soddisfacente, entro i 5000 Hz, è chiaro che per non distorcere, il ricevitore dovrebbe amplificare uniformemente tanto la frequenza di supposto che le frequenze delle bande laterali ossia che differiscono da questa di non più di 5000 Hz. La curva di selettività del ricevitore dovrebbe perciò essere appiattita superiormente, o meglio ancora addirittura rettangolare (fig. 14 A e B). Non potendo ottenere da uno o più circuiti oscil-

lanti una risonanza come la B, si cerca di appiattire in testa la curva di risonanza normale come in A, senza però peggiorare la selettività del ricevitore.

Questo risultato si ottiene agendo sugli accoppiamenti fra circuiti oscillanti primari e secondari, generalmente, dei trasformatori di media frequenza.

E' noto infatti che se i due circuiti accordati di un trasformatore di media frequenza che accoppiati « al critico » danno una curva simile alla A di

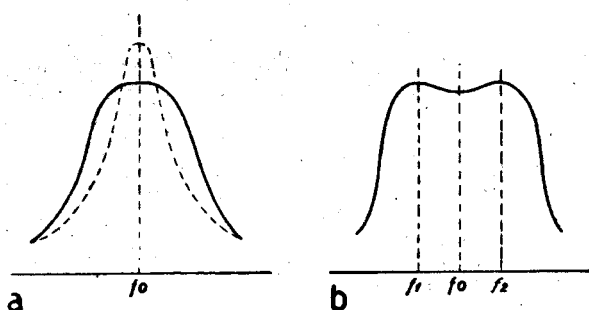



Fig. 15

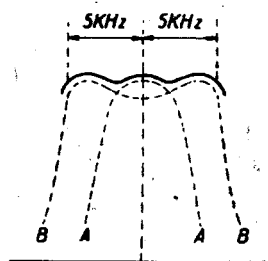



Fig. 16

fig. 15 vengono più strettamente accoppiati fra loro, essi danno una curva più appiattita in testa sino a che, accoppiando ulteriormente compaiono due cuspidi invece di una (curva B di fig. 15), che corrispondono frequenze rispettivamente di:

$$f_1 = \frac{f_0}{\sqrt{1-k}} \qquad\qquad f_2 = \frac{f_0}{\sqrt{1+k}}$$

in cui con k si intende il coefficiente di accoppiamento e con f_0 la frequenza a cui risonerebbe ciascuno dei due circuiti oscillanti preso separatamente.

Spesso è giovevole ottenere per i due stadi di media frequenza del ricevitore rispettivamente curve simili alla A e alla B di fig. 16 in modo di ottenere da tutto il complesso una curva simile alla C, risultante delle prime due.

Gli stadi di A F, di solito, essendo meno selettivi, non influiscono molto sulla curva di sintonia di tutto il ricevitore.

Nei ricevitori di classe si applica spesso la *selettività variabile* che consente di ottenere curve come la A o come la C a piacimento rispettivamente per la ricezione di stazioni lontane interferite, trascurando le qualità del suono o per stazioni non interferite (generalmente le locali) con alta fedeltà acustica.

Perchè l'acustica sia soddisfacente è necessario che le frequenze laterali differenti di 500 Hz da quella di supporto non siano attenuate più di 1,41 volte rispetto a questa, ($1.41 = \sqrt{2}$) ossia che la curva di risonanza « tagli » (espressione usata per definire l'attenuazione di 1.41 volte) a frequenze di + 5 k H z rispetto a quelle centrali f_0 di risonanza (fig. 17).

FENOMENI DI REAZIONE DI A F O M F E DI TRAMODULAZIONE

La distorsione in A F o M F può anche sorgere per altra causa quale la presenza di reazione negli stadi di amplificazione a tali frequenze.

La presenza di reazione si palesa infatti all'oscillografo con una forte dissimmetria della curva di risonanza, fig. 18, che introduce un evidente squilibrio nella amplificazione delle due bande e quindi una sorta di « rivelazione di frequenza » che altera il fattore di modulazione e la curva di risposta.

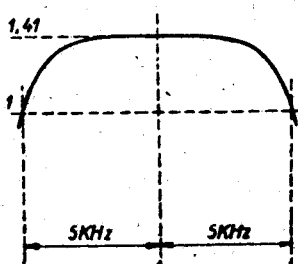



Fig. 17

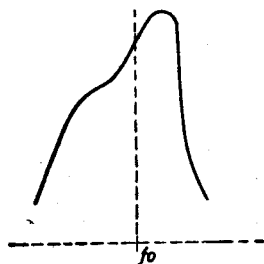



Fig. 18

Altra causa di distorsione si riscontra per *tramodulazione*, specialmente in circuiti a riflessione (reflex).

La presenza di componenti di bassa frequenza su elettrodi di una valvola che deve servire contemporaneamente all'amplificazione di media o alta frequenza dà luogo ad una seconda modulazione del segnale. Se la modulazione che così si compie è concorde con quella che già possiede il segnale si ha un aumento della profondità della modulazione di questo, se invece è in opposizione si ha una diminuzione del fattore di modulazione stesso.

Se però la modulazione che così si compie non è esattamente in fase o in opposizione (caso frequente a causa degli sfasamenti operati dalle capacità) si ha l'introduzione di una notevole distorsione. Per dati valori di sfasamento si ottengono infine fenomeni di reazione di bassa frequenza attraverso le modulazioni.

Gli stessi fenomeni si possono riscontrare anche in stadi di A F o M F non a riflessione per ritorni parziali di componenti di B F attraverso la tensione anodica o di catodo dagli stadi finali quando il secondo condensatore del filtro di alimentazione sia insufficiente o deteriorato. Effetti analoghi si hanno anche per fenomeni parassitari di rivelazione negli stadi di A F o M F, dovuti ad impropria polarizzazione di griglia, a curve anodiche non sufficientemente ampie. Si tratta anche qui di presenza contemporanea di segnale di A F modulato e di componenti di B F che si costituiscono per rivelazione. Anche la linea del C. A. V. può essere veicolo di un ritorno di componente di B F e quindi di tramodulazione e distorsione, quando le capacità di fuga siano insufficienti.

DISTORSIONE DELLO STADIO RIVELATORE

Fra le cause principali di distorsione in radioricevitori vi è quella di un imperfetto funzionamento dello stadio rivelatore.

Bisogna anzitutto distinguere fra i vari tipi di rivelatore chè per ognuno di essi si potrebbe trovare una particolare causa di distorsione oltre che a quelle comuni a tutti.

Vi sono rivelatori a cristallo (galene e simili), a diodo, a triodo, a tetrodo, pentodo ecc., inoltre per questi ultimi rivelatori a valvola con più di tre elettrodi si possono avere due particolari modi di funzionamento ossia « per caratteristica anodica » detto anche « di potenza » oppure per « falla di griglia ».

Sarebbe interessante studiare per ciascuno di questi rivelatori le cause di distorsione ma questo ci porterebbe troppo oltre ciò che questo studio si prefigge. Vogliamo quindi limitarci a considerare il sistema di rivelazione di gran lunga più diffuso in pratica, cioè quello a diodo.

Il rivelatore a diodo è, nel caso più comune, montato secondo lo schema di fig. 19. Le sue parti essenziali sono il diodo D, la resistenza « di rivelazione », R_1 ed il condensatore di fuga C_1; esso è alimentato dalla corrente di media frequenza erogata dal circuito oscillante secondario dell'ultimo trasformatore di media frequenza, lo completano una resistenza di disaccoppiamento R_2 ed una resistenza R_3 di polarizzazione della prima valvola amplificatrice di bassa frequenza, generalmente costituita dal potenziometro regolatore di volume.

Ciò premesso, dovremmo soffermarci un momento ad esaminare le caratteristiche del diodo.

Come è noto, nel diodo scorre una corrente elettronica quando la placca è positiva rispetto al catodo, corrente che viene a cessare quando le polarità si invertano. E' tuttavia importante rilevare subito che il diodo stesso non è soltanto una « valvola » ma è altresì un generatore. Basta infatti

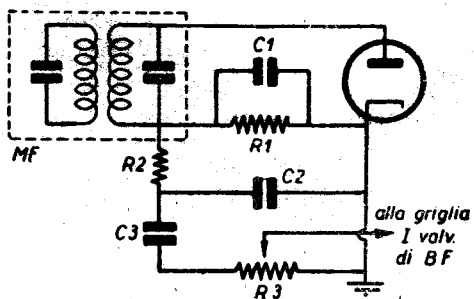



Fig. 19

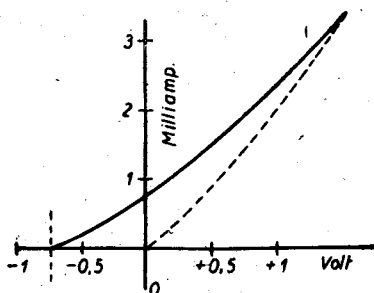



Fig. 20

collegare uno strumento fra placca e catodo di un diodo acceso, anche staccato da ogni circuito, per constatare che la placca ha un potenziale negativo rispetto al catodo, che in media si aggira sui 0,6 volt. nello strumento stesso scorre appunto una corrente che è inversamente proporzionale alla somma della sua resistenza e di quella interna del diodo e che è causata dal predetto potenziale.

La tensione di 0,6 volt è detta « tensione di contatto » ed è dovuta all'accumulo di elettroni, emessi dal catodo, sulla placca del diodo, tuttavia esso infirma quanto precedentemente affermato ossia che nel diodo scorra corrente solo quando il potenziale conferito all'anodo sia positivo.

Sebbene la tensione di contatto sia piccola (circa 0 6 ∨ 1 v.) e la corrente che ne deriva sia di pochi μ A sulle resistenze elevate del circuito e dell'ordine del milliampère quando il circuito esterno abbia resistenza nulla, essa non è però affatto da trascurarsi quando, come nel caso della rivelazione si ha a che fare con segnali di tensione molto piccola.

Se si traccia un grafico della corrente anodica del diodo in funzione della tensione anodica, si ottiene una curva simile a quella di fig. 20.
In esso si nota che già con tensioni negative minori di 0,6 volt si ha una corrente anodica, corrente che va logicamente aumentando mano a mano che si va verso valori positivi crescenti. Se invece il diodo lasciasse scorrere corrente solo quando è positivo l'anodo, la curva avrebbe l'andamento di quella tratteggiata.

Vediamo ora come si comporta il diodo rispetto ai segnali di media frequenza modulati che si vuole rivelare, partendo dal presupposto che il lettore già conosca il meccanismo della rivelazione.

Se il diodo lasciasse scorrere corrente solo quando la placca è positiva e questa corrente fosse costantemente proporzionale alla tensione applicata, si avrebbe il diagramma di fig. 21 A, in cui la corrente rivelata del segnale riproduce esattamente l'andamento dell'inviluppo di una metà di quello del segnale applicato. E' questo il caso di una rivelazione perfetta. Se la caratteristica del diodo non è rettilinea ma curva, come in fig. 21 B vengono posti in risalto i semiperiodi con tensione positiva più alta ed attenuati quelli con tensioni minori, ciò è causa di distorsione dell'inviluppo ossia del segnale di bassa frequenza che si ricava dalla rivelazione, la distorsione, come si vede dalla figura è per seconda armonica.

Infine, se la caratteristica del diodo, come è in pratica, è curvilinea ed incomincia per valori negativi della tensione, caso C di fig. 21 (vedi anche fig. 20) si ha una rivelazione dei soli periodi di tensione maggiore mentre quelli di tensione minore passano indisturbati senza subire rivelazione. Essendo presenti entrambi gli inviluppi nella corrente rivelata, questi si elidono a vicenda per segnali deboli e solo per quelli intensi si verifica fra di essi lo squilibrio necessario a produrre una risultante di bassa frequenza (linea grossa). Il periodo di bassa frequenza appare dunque fortemente distorto, specialmente se i segnali di media frequenza sono deboli.

In questo caso dunque il ricevitore resta muto nella ricezione delle stazioni lontane e deboli, « gracchia » ricevendo le stazioni di intensità media e funziona normalmente o quasi sulla locale.

Come si vede l'inconveniente è grave ed è dovuto alla predetta tensione di contatto.

In pratica però le cose non vanno del tutto così, infatti abbiamo visto che nel circuito di rivelazione (fig. 19) è presente una resistenza di rivelazione R_1. La corrente « di contatto » scorrendo in detta resistenza vi produce una caduta di potenziale, negativa verso la parte che indirettamente è connessa alla placca, per cui si forma una polarizzazione negativa della placca. Detta tensione negativa è tanto maggiore quanto più alto è il rapporto fra la resistenza esterna di rivelazione e la resistenza interna del diodo, per cui diviene zero se R_1 = oppure si approssima al valore della tensione di contatto ($\backsim$ — 0,6 V) se R_1 tende all'infinito. La presenza di questa resistenza salva dunque il rivelatore a diodo, diversamente inservibile. Il fenomeno, tuttavia, sebbene in proporzioni molto modeste, permane.

Per ovviare a tale inconveniente è necessario *tenere valori elevati per* R_1 e non rivelare i segnali se non dopo una sufficiente amplificazione di alta o di media frequenza che conferisca loro tensioni considerevoli di fronte a quella di contatto.

Ma gli inconvenienti della rivelazione non sono con ciò esauriti, bisogna ancora esaminare l'influenza dei vari altri organi del circuito.

Le capacità di C_1 e C_2 con la resistenza R_2, il cui scopo è di eliminare le componenti di media frequenza e di lasciare passaggio alla sola risultante di bassa frequenza, costituiscono un filtro a π che fa sentire i suoi effetti anche sulla bassa frequenza.

Se C_1 C_2 ed R_1 sono di valore eccessivo, tale filtro taglia le frequenze più alte della B F ossia *attenua* le note acute introducendo così distorsioni di frequenza.

Effetti ancora più importanti di distorsione per armonica si hanno per la presenza della resistenza R_3 al di là del condensatore C_3.

Se la resistenza R_3 avesse valore nullo, attraverso a C_3 di valore elevato e ad R_2 di valore relativamente basso, la componente di bassa frequenza presente ai capi di R_1 sarebbe pressochè cortocircuitata.

In tali condizioni la tensione ai capi di R_1 non potrebbe più seguire l'inviluppo del segnale di MF rivelato ed il diodo, alla cui placca comparirebbe una tensione negativa non più proporzionale al valore istantaneo del segnale di M F, verrebbe a « caricare » in misura anormale il trasformatore di media frequenza in corrispondenza dei picchi di modulazione, quasi a cortocircuitarlo.

Il risultato sarebbe così di introdurre una forte distorsione, tanto più intensa quanto minore è il valore di R_3.

R_3 non ha mai valore nullo, ma il fenomeno, sia pure in proporzioni molto più modeste, permane. Per combatterlo bisogna proporzionare il valore di R_3 a quello di R_1, esso non deve in ogni caso essere inferiore a questo mentre è bene sia quanto più alto possibile. In pratica non si possono assegnare valori elevatissimi, per evitare ronzii, irregolarità di regolazione eccettera, tuttavia è bene che R_3 abbia valori di circa il doppio o il triplo di R_1.

In ogni caso la presenza di R_3 *produce distorsione armonica che cresce al crescere del fattore di modulazione* dei segnale di M F. Tanto più elevato è R_3 rispetto ad R_1 e e tanto è minore tale distorsione ovvero tanto più forte deve essere il fattore di modulazione per produrre la stessa distorsione.

Come si vede da queste note il circuito di rivelazione può essere in diversi modi causa di distorsione e si tratta spesso di distorsioni che non si possono compensare con reazione negativa o con disposizioni particolari di circuito, ad esso va rivolta tutta l'attenzione del progettista che seriamente si preoccupa delle caratteristiche di fedeltà del ricevitore.

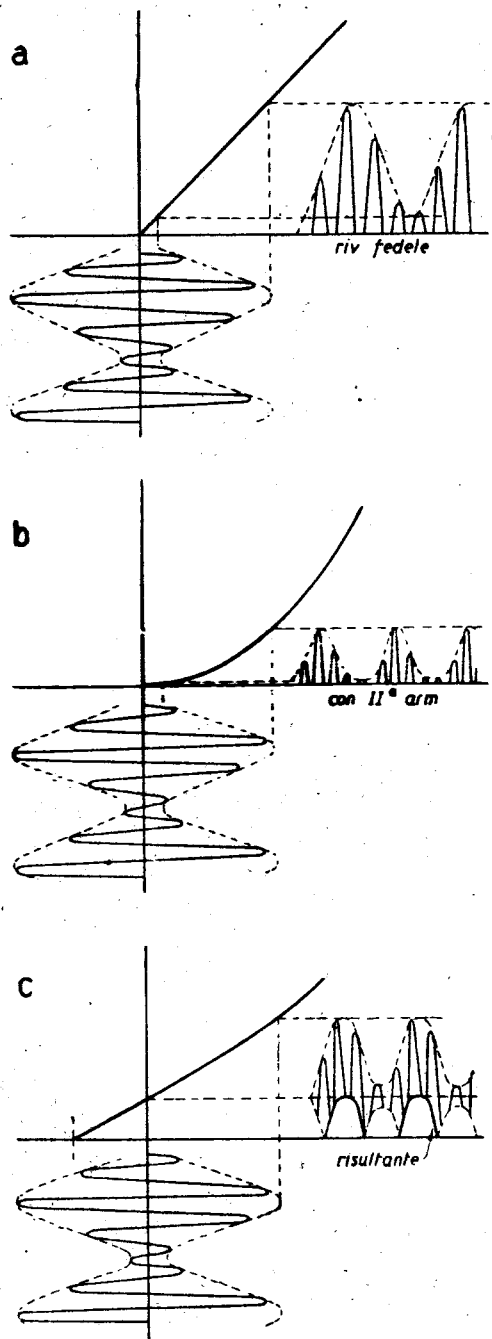



Fig. 21

IL C. A. V. E LA DISTORSIONE

Fra le cause di distorsione nei radioricevitori troviamo, non ultima, quella di un irregolare funzionamento del C. A. V.

Prima di tutto va tenuto presente che il C. A. V. ha il compito, fra l'altro, di impedire il sovraccarico del ricevitore, sia in media che in bassa frequenza. Il sovraccarico, come già più volte abbiamo dovuto constatare è una causa di distorsione generale, è quindi della massima importanza evitarlo ed a ciò appunto è preposto il C. A. V.

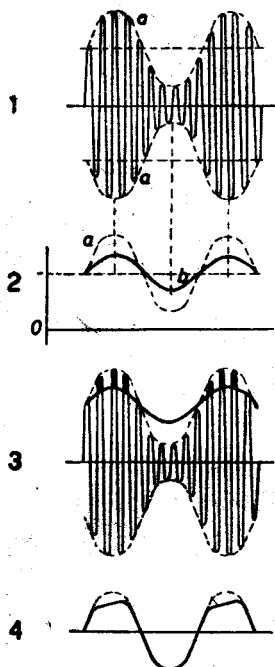



Fig. 22

1) media frequenza modulata;
a) in inviluppo.

2) *a*) in inviluppo della MF;
b) pulsanti della BF nella placca, con BF alternata.

3) (tratti neri) istanti di forte assorbimento.

4) distorsione che ne deriva in BF.

Sia che il C. A. V. entri in funzione subito con segnali anche deboli, sia che esso entri in funzione soltanto per segnali di ampiezza superiore ad un dato livello (C. A. V. ritardato), esso deve in ogni caso essere in condizione, da un certo livello di segnale in poi, di sviluppare una tensione negativa capace di impedire ulteriori aumenti nell'ampiezza del segnale presente in ingresso dell'ultimo stadio di media frequenza, in modo che esso e gli stadi successivi non debbano mai raggiungere il sovraccarico, ossia quella condizione oltre la quale il volume sonoro non aumenta mentre cresce rapidamente la distorsione.

Ma il C. A. V. può essere a sua volta causa di distorsione e vogliamo vederne ora le ragioni.

La tensione per il C. A. V. viene ottenuta dalla rettificazione del segnale di M F mediante un diodo, essa contiene quindi delle componenti pulsanti di media frequenza e di bassa frequenza della modulazione. Dette pulsanti vengono fortemente attenuate dal filtro costituito da una resistenza e da un condensatore di fuga, ma mentre le componenti di M F vengono facilmente attenuate sino a valori trascurabili, quelle di bassa frequenza lo sono molto di meno e quindi possono permanere anche dopo il filtraggio, raggiungere i primi stadi di M F o A F ed effettuare una modulazione (tra-

modulazione) capace di introdurre distorsioni rilevanti specialmente sulle note basse (che sono le meno filtrabili).

Ma oltre a questo tipo di distorsione vi è un'altra distorsione tipica dei C. A. V. che si presenta molto frequentemente: Il diodo del C. A. V. come quello di rivelazione, ha una tensione negativa di polarizzazione che si forma automaticamente per effetto della rettificazione, il cui andamento corrisponde a quello dell'inviluppo del segnale di M F modulato, tale tensione fa sì che il diodo assorba dal trasformatore di M F corrente solo durante piccolissimi intervalli al sommo delle creste dei semiperiodi di M F, e ciò corrisponde ad un corretto funzionamento del C. A. V.

Se però questa condizione è alterata, ossia la tensione negativa non segue più l'inviluppo della M F, il diodo assorbe fortemente durante i picchi di modulazione e quindi li appiattisce (funziona cioè come un limitatore di ampiezza). Ne nasce quindi una distorsione per II armonica che cresce con la profondità di modulazione del segnale.

Fenomeno analogo lo avevamo già considerato nel circuito di rivelazione. Questa condizione di distorsione si verifica quando la componente di B F viene attenuata nel circuito del diodo. Abbiamo però visto che è necessario attenuare tale componente per non cadere nel tipo precedente di distorsione. Da queste considerazioni si conclude che è necessario filtrare bene la componente di B F ma solo dopo averla ben disaccoppiata dal circuito del diodo attraverso resistenze sufficientemente elevate avendo cura che essa possa rimanere invece integra sulla placca del diodo.

DISTORSIONI DI ORIGINE MECCANICA

EFFETTI MICROFONICI (EFFETTO LARSEN)

Abbiamo sin dal principio parlato di distorsioni per introduzione di correnti estraneo; a questa categoria appartiene la distorsione per effetti microfonici.

Gli organi responsabili degli effetti microfonici sono essenzialmente le valvole ed i condensatori variabili per i radioricevitori ed i rivelatori grammofonici e i microfoni per gli amplificatori.

L'effetto microfonico consiste in ogni caso nella produzione di componenti di bassa frequenza da parte di organi meccanicamente sollecitati dalle vibrazioni sonore che vengono generate dall'altoparlante.

L'effetto acustico è caratterizzato dall'insorgere di fischi o anche di note persistenti gravi che assumono livelli crescenti sino a sommergere la ricezione, oppure le accompagnano distorcendola.

I rimedi, quando si conosce il male, sono abbastanza ovvii, si tratta di impedire che il suono uscente dall'altoparlante possa produrre le lamentate vibrazioni negli organi suaccennati e nell'impiego di organi poco sensibili alle vibrazioni meccaniche.

Vi sono delle valvole che più delle altre sono sensibili alle vibrazioni, tali valvole difettose sono dette per questa ragione « microfoniche ». Se la valvola microfonica è di bassa frequenza l'effetto microfonico si produce anche senza segnale, se è di alta o media frequenza questo si produce solo se

il ricevitore è sintonizzato su di una stazione ed avviene per modulazione. I condensatori variabili sono tanto più sensibili al fenomeno quanto meno spaziate sono le lamine e quanto più la frequenza del segnale è elevata. Per questa ragione si montano variabili a lamine spaziate e spesso su cuscinetti di gomma per attutire le vibrazioni. Frequente è il caso che in uno stesso ricevitore l'effetto microfonico sia notevole in O C e nullo in O M, ciò dipende appunto dall'effetto della frequenza citato.

Le vibrazioni delle lamine provocano una vera modulazione di frequenza dell'oscillazione locale dell'eterodina, modulazione che diviene sensibile per battimento quando il ricevitore è sintonizzato su di un segnale; più alta è la frequenza di questo e maggiore è lo scarto di frequenza prodotto dalla variazione di capacità che la vibrzione causa.

I rivelatori grammofonici (pick-up) divengono microfonici quando, tramite la puntina, appoggiano sul disco e ciò per il fatto che le vibrazioni giungono attraverso alla base su cui è montato il motore, trasmesse dall'albero del motore e dal piatto portadischi; esse però giungono anche dalla base del braccio, lungo il braccio ma non azionano la puntina se non quando questa diviene solidale col disco.

I rimedi sono noti: isolare meccanicamente la base su cui è montato il complesso grammofonico, usare mobili che non si prestino a trasmettere le vibrazioni.

Quanto al vero effetto Larsen prodotto col microfono, si tratta di tenere molto lontano il microfono dall'altoparlante, possibilmente in ambiente separato oppure nel fare uso di microfoni direzionali (*velocity*) quali quelli a nastro.

Siamo alfine giunti a considerare una delle più frequenti cause di distorsione, quella di altoparlante difettoso o male progettato. Una trattazione esauriente sarebbe troppo complessa, vogliamo limitare la nostra a criteri eminentemente pratici.

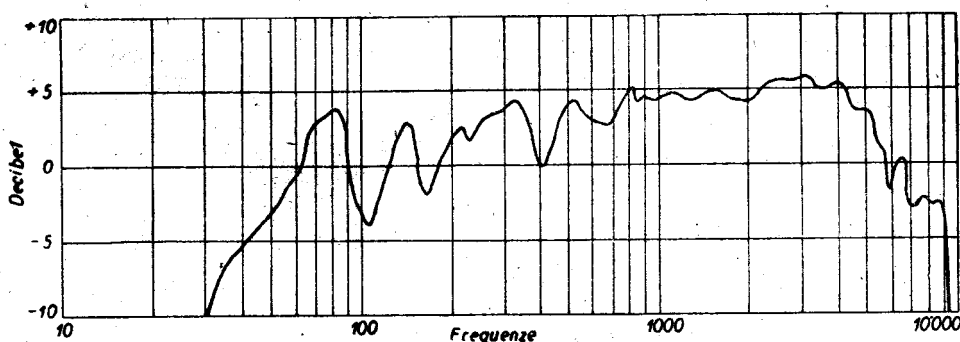



Fig. 23 - Curva di risposta di un altoparlante dinamico.

Perchè un altoparlante possa riprodurre fedelmente i suoni sono necessarie almeno le seguenti condizioni.

a) Il cono non deve possedere una frequenza di risonanza propria che cada entro la banda acustica, ossia la frequenza di risonanza deve essere al di sotto degli 80 Hz.

b) Il cono stesso deve essere leggero, per evitare che le risonanze vengano accentuate e per far sì che esso possa rispondere bene anche alle frequenze alte.

c) Il cono non deve essere rigido ma deve poter vibrare simultaneamente sulle frequenze basse nel suo complesso e sulle frequenze alte nella parte contigua alla bobina mobile.

d) I supporti del cono debbono essere leggeri e flessibili (ragno, sospensione ecc.), non troppo elastici nè rigidi, chè altrimenti accentuano le risonanze. Ottime sono le sospensioni in pelle di daino, velluto e simili.

e) Le spire della bobina mobile devono essere, in condizione di riposo, tutte immerse nel campo magnetico trasversale del traferro ché altrimenti si deforma l'onda della vibrazione intensificando il semiperiodo per il quale la bobina entra nel campo a scapito dell'altro (distors. per II armonica).

f) Il campo « di eccitazione » *deve essere sufficientemente intenso* ossia sempre superiore a quello istantaneo prodotto dalla bobina mobile. Infatti, se non vi fosse eccitazione, la bobina mobile attrarrebbe il ferro due volte in un periodo riproducendo solo la II armonica. Quanto più è intenso il campo di eccitazione rispetto a quello della bobina mobile e tanto minore è l'effetto di distorsione in tale modo prodotto.

Troppo spesso per economia di rame e di ferro si sacrifica il campo di eccitazione e si pretende poi un buon rendimento elettroacustico ed una soddisfacente qualità di riproduzione del ricevitore. Il campo magnetico di eccitazione ha anche l'effetto di smorzare le risonanze proprie del cono, esercitando azione frenante su qualunque movimento della bobina mobile non causato dalla corrente fonica.

a) corto circuito dell'onda sonora senza lo schermo.

***b*) Diffusione dell'onda sonora** con lo schermo.

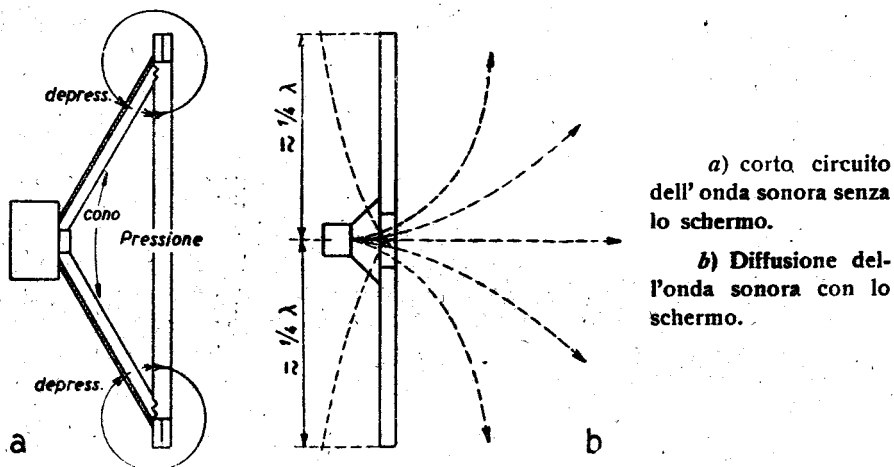



Fig. 24 - Effetto dello schermo.

g) L'altoparlante non va considerato da solo, ma con lo schermo acustico al quale va applicato (baffer). L'uso di schermi inadatti introduce distorsione di frequenza. Scopo dello schermo è di allungare convenientemente il percorso dell'onda acustica che il cono produce ad ogni spostamento, tale

percorso dovrebbe corrispondere almeno a mezza onda sonora per le frequenze più basse della banda acustica.

Tanto minore è il diametro del cono dell'altoparlante e tanto più sentita è la necessità dello schermo chè altrimenti l'onda acustica viene cortocircuita sul nascere, potendo l'onda di pressione anteriore al cono raggiungere quella posteriore di depressione annullandosi. Per questa ragione gli altoparlanti piccoli senza schermo riproducono solo le note più acute. Questo fatto è accentuato anche dalla maggiore leggerezza del cono più piccolo ossia dalla sua minore inerzia.

Gli altoparlanti piccoli non richiedono schermi più ampi di quelli grossi, ma è necessario che le dimensioni esterne degli schermi siano le stesse nei due casi, dipendendo esse dalla lunghezza d'onda del suono.

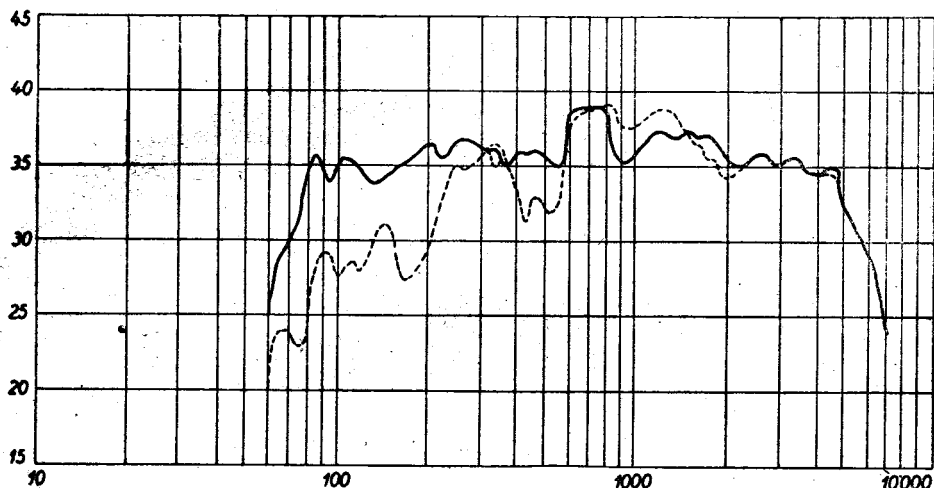



Fig. 25 - Effetto complessivo:

Punteggiata: a 1 metro dal fonometro. **A tratto pieno**: a 30 cm. dal fonometro.

Alle cause anzidette, dipendenti generalmente da cattivo progetto ne vanno aggiunte altre di natura accidentale.

Così, ad esempio, se il cono non è centrato, facilmente la bobina mobile inciampa nel traferro e produce vibrazioni parassite. Essa può anche urtare sul fondo del traferro quando compie vibrazioni ampie producendo rumori simili a quelli di uno strappo. I fili che portano corrente alla bobina mobile possono, vibrando, tamburellare sul cono. Il cono può essere scollato alla sua base dal cestello e generare vibrazioni analoghe a quelle di una carta velina o di un vetro. La bobina mobile può essere scollata dal cono. Corpi estranei (polvere, schegge di ferro ecc.) possono essere entrati nel traferro e inceppare la bobina mobile. I « ragni » di sospensione della bobina mobile possono essersi rotti con l'uso. Alcune spire della bobina mobile possono essersi scollate dalle rimanenti e vibrare per conto loro urtando le altre. Le spire della b. m. possono essere parzialmente in corto circuito o aver perso l'isolamento in superficie e fare contatto con la massa per tramite di eventuali schegge metalliche. Il « ragno » può essere stretto male, ecc. ecc.

E' infine molto opportuno citare anche delle cause non meccaniche ma

che investono importanti accessori dell'altoparlante. Prima di tutto ricorderemo il trasformatore di uscita che deve avere il giusto rapporto fra le spire primarie e secondarie, deve avere induttanza primaria sufficiente, nucleo che non si saturi magneticamente ecc.

Il ronzio prodotto dalla componente alternata della corrente anodica di alimentazione male filtrata è causa di distorsione per cui la voce « sa di raganella » e la musica ricorda quella eseguita a plettro. Il difetto può essere nell'altoparlante o esterno ad esso. Nel primo caso, si tratta sempre di altoparlanti elettrodinamici, è la componente alternata della corrente anodica che fa variare l'intensità del campo d'eccitazione e quindi il rendimento dell'altoparlante, a frequenza industriale. Per ovviare a ciò si monta, sullo stesso nucleo della bobina eccitatrice, sotto il traferro, un grosso anello di rame il cui effetto è di sfasare le variazioni di campo riducendone l'effetto. Un altro sistema consiste nel montare, coassiale con la bobina eccitatrice, una bobinetta di alcune decine di spire di filo detta « bobina antironzio » che si dispone in serie alla bobina mobile e che produce effetto di compensazione.

Infine, la componente alternata può giungere dall'amplificatore per diverse cause che si suppongono note (cattivo filtraggio, accoppiamenti attraverso le masse, ecc. ecc.)

In qualche caso può anche il trasformatore di uscita raccogliere ronzio per accoppiamento magnetico con quello di alimentazione.

LA DISTORSIONE NEL RIVELATORE GRAMMOFONICO

Nella riproduzione di musica o delle parole incise su dischi, alle precedenti di cause di distorsione possono aggiungersene altre che risiedono nel rivelatore grammofònico.

Nei rivelatori elettromagnetici, la cattiva centratura dell'ancorina provoca distorsione per II armonica. Se i gommini sono troppo duri la resa scende molto verso i bassi e vi è distorsione per III armonica. I traferri troppo larghi influiscono solo sulla resa non sulle distorsioni. L'impedenza propria della bobinetta ha pure una notevole responsabilità nella distorsione. Per evitare questa si dovrebbe sempre « caricare » il rivelatore con una resistenza pari all'impedenza media dello stesso.

A queste cause che diremo di progetto, ve ne sono da aggiungere altre occasionali quali l'invecchiamento dei gommini per cui questi perdono com-

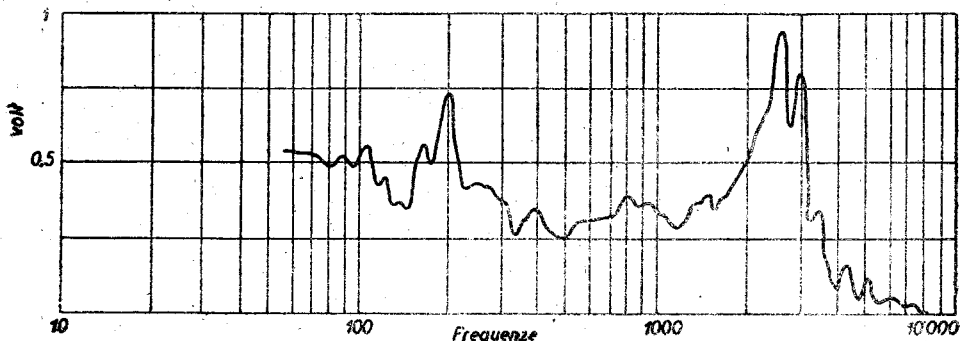



Fig. 26 - Curva di risposta di un rivelatore grammofonico.

pletamente l'elasticità; la puntina che gioca nel foro dell'ancorina; puntina che si logora dopo poche spirali del disco, ancorina che urta vibrando nelle pareti del foro di base, ecc.

Notevole importanza ha anche la massa del rivelatore, alludiamo qui alla vera massa meccanica, ossia al peso (non a quella elettrica).

Un rivelatore leggero si lascia trascinare in vibrazione in tutto il suo complesso, braccio compreso, ed introduce quindi risonanze e vibrazioni parassite peggiorando notevolmente la sua resa sui bassi.

Il rivelatore deve avere quindi una massa sufficiente, magari bilanciata con molle per evitare il logorio del disco. Giustamente la « Victor R. C. A. » usava bracci con forti pesi di piombo laterali contrappesati.

Il rivelatore leggero guasta facilmente i dischi saltando, durante le vibrazioni più ampie, da un solco all'altro.

I rivelatori piezoelettrici possono presentare oltre ai precedenti, inconvenienti particolari dovuti alla loro elevatissima impedenza interna, essi devono essere chiusi su circuiti ad impedenza molto alta e con basse capacità chè altrimenti facilmente distorcono « di frequenza »; essi vanno inoltre soggetti, se non ben costruiti, alla frattura del cristallo o al suo progressivo deterioramento.

Veniamo ora a considerare un'altra causa di distorsione che troppo spesso viene trascurata e che pure può avere una grandissima importanza sulla fedeltà complessiva di un radioricevitore.

Il mobile di un apparecchio radio viene assai più spesso studiato per il soddisfacimento di esigenze estetiche che per quello di esigenze tecniche od acustiche.

In primo luogo dobbiamo rilevare l'influenza delle dimensioni del mobile sulla fedeltà e sulla resa. Un mobile equivale, grosso modo, ad uno schermo applicato all'altoparlante.

In relazione a quanto si disse per l'altoparlante, un mobile di dimensioni troppo piccole equivale ad uno schermo di dimensioni insufficienti e quindi compromette irrimediabilmente la propagazione delle note basse che vengono « cortocircuitate ». Per questa ragione, almeno allo stato attuale della tecnica, apparecchio di piccole dimensioni è sinonimo di distorsione di frequenza per attenuazione dei bassi (quello che si dice: mancanza di « pastosità » del suono).

In secondo luogo va notato che il mobile, che posteriormente deve essere aperto per permettere il ritorno del suono (ossia per evitare le contropressioni che l'altoparlante produrrebbe funzionando), si comporta anche come cavità risonante ossia da risonatore acustico ponendo in risalto la frequenza corrispondente alla propria; è ciò che costituisce il suono « di scatoletta » dei piccoli apparecchi. Da questo punto di vista sono avvantaggiati i mobili piatti, di fronte a quelli più profondi.

Lo spessore del materiale costituente il mobile ha pure la sua influenza; in genere quanto maggiore è lo spessore delle pareti e meno pronunciati sono gli effetti di risonanza dannosi alla fedeltà.

I mobili di dimensioni medie possono dare risultati abbastanza soddisfacenti, sempre che non si applichi l'altoparlante in punti non adatti del mo-

bile stesso. Più in particolare, l'applicazione dell'altoparlante sulle pareti laterali nuoce alla diffusione ed alla resa dei bassi, cosa analoga va detta per l'applicazione al « tetto » dell'apparecchio. L'uscita del suono da una feritoia sotto l'apparecchio dà anche cattivo esito, per le risonanze proprie della cavità da cui il suono viene fatto uscire ed anche perchè le leggi della riflessione del suono non vengono mai tenute presenti in tali realizzazioni. La più consigliabile è dunque l'uscita del suono dal pannello frontale del mobile.

E' importante a tale punto esaminare come viene applicato l'altoparlante al mobile. Prima di tutto bisogna considerare che un altoparlante elettrodinamico applicato ad una parete piana, presenta sempre uno spazio vuoto conico delimitato dalla superficie del cono dell'altoparlante ed avente come base la parete stessa. Questo spazio, qualora l'uscita verso l'esterno del mobile fosse intralciata, può funzionare da camera di compressione o, se vogliamo, da serbatoio, per cui il suono giunge all'uscita sfasato e distorto per armoniche.

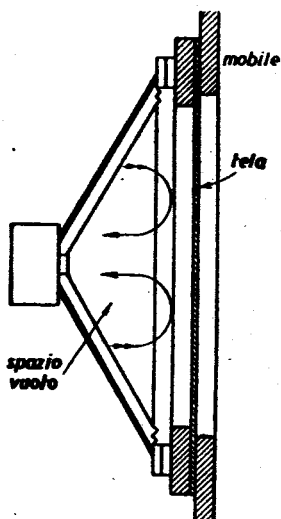



Fig. 27

E' precisamente questo il caso di mobili in cui l'altoparlante venga mascherato da un tessuto troppo spesso e fitto di maglie che ostacoli la normale uscita dell'aria. Succede talvolta di vedere tale tessuto trascinato in vibrazione dalla pressione sonora, tanto è l'ostacolo che esso può offrire alla libera uscita del suono.

L'effetto può essere ancora notevolmente aggravato se l'altoparlante non si trova immediatamente á ridosso del tessuto ma spostato indietro cosicchè lo spazio vuoto funzionante da serbatoio d'aria venga ad essere accresciuto.

Anche con l'impiego di griglie di legno od altro materiale in luogo del tessuto può aversi lo stesso effetto quando queste siano troppo fitte o costituite da strisce larghe che intercettino il suono. Anche se queste sono disposte con le superfici oblique rispetto alla direttrice del suono l'effetto è sensibile, esso scompare solo se le superfici sono parallele alla direttrice stessa.

Infine, per i radiogrammofoni, si usano generalmente mobili le cui dimensioni si addicono particolarmente alla diffusione dei suoni. Tali mobili

però devono essere realizzati in modo che il suono dell'altoparlante non faccia rimbombare il piano che sostiene lo chassis o quello del complesso grammofonico.

Ottima soluzione è quella di montare quest'ultimo piano su molle o gomme che abbiano un periodo di vibrazione molto basso.

Le pareti del mobile saranno preferibilmente di forte spessore, compensate o « nervate » da travature o ricoperte con materiali atti ad attutire le vibrazioni (cellotex, populit e simili).

Ottimi risultati si ottengono da tali mobili con l'uso di due altoparlanti, uno a cono grande per le note basse ed uno con cono piccolo e leggero per le note acute alimentati da due canali distinti, se non di amplificazione, almeno di uscita, di bassa frequenza.

Per una valutazione quantitativa oltre che qualitativa della fedeltà di un ricevitore si usa uno strumento detto « fonometro » costituito in sostanza da un microfono con amplificatore ed indicatore di uscita.

Mediante tale misuratore del suono, operando alle varie frequenze, si tracciano delle curve di risposta complessive di tutto il ricevitore ivi compreso l'effetto dell'ambiente. La curva si traccia ponendo in ascisse le frequenze ed in ordinate le attenuazioni o i « guadagni », espressi in *d. B.* (decibel). La cosa è facilitata essendo il quadrante dell'indicatore del fonometro, graduato in *d. B.*

Le curve che se ne ottengono sono tali da destare la più viva sorpresa, esse sono irte di picchi e di avvallamenti, talora notevoli, anche nel caso che il risultato acustico, sia veramente soddisfacente.

L'apporto di risonanze, distorsioni, assorbimenti delle varie parti dell'apparecchio è nel complesso, notevolissimo. Ciò ci dice chiaramente che allo stato attuale non è praticamente possibile tenere conto di tutto e che è alquanto puerile studiare le curve di fedeltà elettrica con grande esattezza quando poi intervengono fattori così rilevanti a modificare gli effetti acustici finali.

Non ci è dato, almeno per ora, di conoscere quali e quante sono le risonanze, le distorsioni le « infedeltà » che l'orecchio predilige e che contribuiscono a migliorare l'effetto acustico e che devono essere conservate o introdotte, certo è però che molte altre sono nettamente sgradite e dannose.

Anche l'ambiente ha una parte notevole ma non si può trarre un giudizio generale. Così come l'ambiente a bassa riverberazione (pareti imbottite) rende più intelligibile la parola, quello a forte riverberazione (sala vuota) conferisce maestosità ai suoni (caso tipico delle chiese) talvolta di bellissimo effetto.

Notevole è anche la soggettività delle impressioni per cui un ascoltatore giudica soddisfacente ciò che altri non trova di suo gusto.

A questo punto si fondono la tecnica e l'arte e la prima deve abbandonare i suoi rigori. Lo studio dell'acustica in rapporto alle esigenze artistiche è tuttavia cosa estremamente interessante e ci auguriamo di vederlo ulteriormente approfondito ed esteso nell'interesse di una produzione di qualità sempre più raffinata, per il soddisfacimento delle più delicate sensibilità musicali.